



Física

Física do Cotidiano

Aurélio Wildson Teixeira de Noronha
Carlos Jacinto de Oliveira
Antônio Carlos Santana dos Santos
Emerson Mariano da Silva



Geografia



História



Educação
Física



Química



Ciências
Biológicas



Artes
Plásticas



Computação



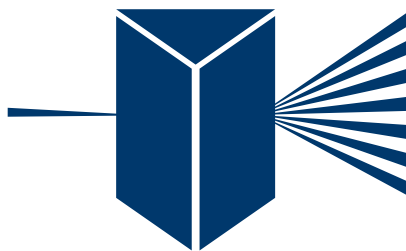
Física



Matemática



Pedagogia



Física

Física do Cotidiano

Aurélio Wildson Teixeira de Noronha
Carlos Jacinto de Oliveira
Antônio Carlos Santana dos Santos
Emerson Mariano da Silva

Fortaleza



2013



Geografia



História



Educação
Física



Química



Ciências
Biológicas



Artes
Plásticas



Computação



Física



Matemática



Pedagogia

Copyright © 2013. Todos os direitos reservados desta edição à UAB/UECE. Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, dos autores.

Editora Filiada à



Presidenta da República

Dilma Vana Rousseff

Ministro da Educação

Renato Janine Ribeiro

Presidente da CAPES

Carlos Afonso Nobre

Diretor de Educação a Distância da CAPES

Jean Marc Georges Mutzig

Governador do Estado do Ceará

Camilo Sobreira de Santana

Reitor da Universidade Estadual do Ceará

José Jackson Coelho Sampaio

Vice-Reitor

Hidelbrando dos Santos Soares

Pró-Reitor de Pós-Graduação

Jefferson Teixeira de Souza

Coordenador da SATE e UAB/UECE

Francisco Fábio Castelo Branco

Coordenadora Adjunta UAB/UECE

Eloísa Maia Vidal

Direção do CED/UECE

José Albio Moreira de Sales

Coordenação da Licenciatura em Física

Carlos Jacinto de Oliveira

Coordenação de Tutoria da

Licenciatura em Física

Emerson Mariano da Silva

Editor da EdUECE

Erasmus Miessa Ruiz

Coordenadora Editorial

Rocylânia Isidio de Oliveira

Projeto Gráfico e Capa

Roberto Santos

Diagramador

Francisco Oliveira

Revisão Ortográfica

Fernanda Ribeiro

Conselho Editorial

Antônio Luciano Pontes

Eduardo Diatahy Bezerra de Menezes

Emanuel Ângelo da Rocha Fragoso

Francisco Horácio da Silva Frota

Francisco Josênio Camelo Parente

Gisafran Nazareno Mota Jucá

José Ferreira Nunes

Liduína Farias Almeida da Costa

Lucili Grangeiro Cortez

Luiz Cruz Lima

Manfredo Ramos

Marcelo Gurgei Carlos da Silva

Marcony Silva Cunha

Maria do Socorro Ferreira Osterne

Maria Salette Bessa Jorge

Silvia Maria Nóbrega-Therrien

Conselho Consultivo

Antônio Torres Montenegro (UFPE)

Eliane P. Zamith Brito (FGV)

Homero Santiago (USP)

Ieda Maria Alves (USP)

Manuel Domingos Neto (UFF)

Maria do Socorro Silva Aragão (UFC)

Maria Lírida Callou de Araújo e Mendonça (UNIFOR)

Pierre Salama (Universidade de Paris VIII)

Romeu Gomes (FIOCRUZ)

Túlio Batista Franco (UFF)



Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE

Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi – Reitoria – Fortaleza – Ceará

CEP: 60714-903 – Fone: (85) 3101-9893

Internet: www.uece.br – E-mail: eduece@uece.br

Secretaria de Apoio às Tecnologias Educacionais

Fone: (85) 3101-9962

Sumário

Apresentação	5
Parte 1 – A Energia	7
Capítulo 1 – Energia e suas fontes	9
1. Introdução	9
2. A necessidade de energia	9
3. Unidades da energia	10
4. Fontes de energia	11
Capítulo 2 – O Sol	15
1. Introdução	15
2. Espectros da radiação	15
3. Energia do sol incidente na terra	17
Capítulo 3 – Energias Renováveis	19
1. Introdução	19
2. Hidrelétrica	19
3. Energia dos ventos	20
4. Energia das ondas e marés	23
Parte 2 – A Física e o corpo humano	25
Capítulo 4 – Sentidos do corpo humano	27
1. Introdução	27
2. A visão	27
3. Audição	32
Capítulo 5 – Sistema circulatório	39
1. Introdução	39
2. Fluídos no corpo humano	39
Parte 3 – Ciência, tecnologia e sociedade	47
Capítulo 6 – A ciência, a tecnologia e a sociedade	49
1. A Ciência	49
2. A tecnologia	51
3. A sociedade	53
Capítulo 7 – O movimento CTS	55
1. Introdução	55
2. Introdução Histórica	55
3. Objetivos do Movimento CTS	56
4. Movimento CTS no ensino de Ciências	57

Parte 4 – A ciência física, a tecnologia e a sociedade:	
contexto atual	61
Capítulo 8 – Aplicações na Medicina	63
1. Introdução	63
2. Ultrassom	63
3. Imagem por ressonância magnética nuclear	67
Capítulo 9 – Aplicações na informática	73
1. Introdução	73
2. Semicondutores.....	73
3. Supercondutividade.....	76
Capítulo 10 – Progressos na Cosmologia	79
1. Introdução	79
2. História da Cosmologia	79
3. Cosmologia de Newton	80
4. Fim da Cosmologia de Newton	81
5. Lei de Hubble	81
6. Telescópio espacial Hubble	82
Sobre os autores	84

Apresentação

O objetivo básico deste livro é apresentar a Física do cotidiano nas suas várias áreas de abrangência da sociedade, mostrando os princípios físicos e, na medida do possível, desenvolvendo algumas equações, proporcionando ao aluno uma visão geral da Física no cotidiano.

O livro Física do Cotidiano é uma produção voltada para um curso de graduação em Física, numa perspectiva a distância. De modo geral, os assuntos apresentados aqui são a síntese de quatro outras disciplinas de um curso de graduação presencial.

Para alunos egressos dessa modalidade de curso, esse livro pode ser utilizado também como material de apoio para o planejamento de aulas de Ciências e de Física a serem ministradas no Ensino Médio, e motivando os alunos que tenham inclinação pela ciência física a verem esta ciência de outra forma.

O livro foi montado com quatro partes – A energia, com os capítulos: Energias e suas fontes, O sol e Energias Renováveis; A Física do Corpo Humano: Sentidos do corpo humano e o sistema circulatório; A Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): A Ciência, A Tecnologia e A Sociedade e A Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); e, por último, a Ciência Física, Tecnologia e Sociedade, com os capítulos: Aplicações na medicina, informática e Progressos na Cosmologia. Essas unidades remontam quatro grandes áreas do contexto atual da sociedade, na qual a Física está imersa e que nos cerca diariamente.

Os autores

PARTE

1

A Energia

Energia e suas fontes

Objetivos

- Compreender e aprofundar o conceito de Energia e suas relações com o mundo atual.
- Entender as unidades de transmissão da energia, a partir de conceitos físicos.
- Conhecer os princípios físicos de algumas das fontes de energia.
- Entender como a energia do Sol é indispensável para a vida na Terra.
- Entender algumas fontes de energias renováveis.

1. Introdução

O painel intergovernamental de mudanças do clima, (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) divulga a cada cinco anos um relatório atual das recentes pesquisas dos pesquisadores de todo o mundo acerca das mudanças climáticas.

No quarto relatório, AR4 – *Fourth Assessment Report*, publicado no ano de 2007, na seção de incidência solar no planeta se comenta que entre os anos de 1902 e 1952 o cientista Charles Abbot e outros cientistas de todo mundo realizaram milhares de medidas da radiação solar incidente que chega a Terra. Eles encontraram valores que variam desde 1322 W.m^{-2} a 1465 W.m^{-2} no qual os mesmo realizaram uma estimativa de 1365 W.m^{-2} , de energia que chega a Terra a cada segundo.

Agora o que significa dizer que o planeta Terra receber essa quantidade de Energia? Quais são os princípios Físicos que existem nessas medições?

2. A necessidade de energia

Desde os tempos mais remotos a civilização precisou de energia, como por exemplo, na agricultura medieval na mesopotâmia, cerca de 4000 a.C. energia derivada de animais foi usada para diversos propósitos, principalmente para o transporte de água para a irrigação dos projetos. Energia solar foi empregada para a secura de cereais e fabricação de materiais. Nessa época a demanda *per capita* foi no máximo de 800W (ROSA, 2005).

A necessidade do controle da energia é um desejo antigo da sociedade. A energia dos ventos foi usada para mover os navios desde os anos 3000 a.C. e moinhos de ventos foram descritos por Hero de Alexandria cerca de 100 a.C. e os outros foram usados largamente na Pérsia cerca de 300 a.C. e somente mais tarde que essa novidade chegou na China e na Europa.

Avançando no tempo se tem a revolução industrial época que marcava nascimento da termodinâmica. Necessidade no desenvolvimento científico para melhorar o rendimento das máquinas térmicas era extremamente necessária para a produção das indústrias na Europa através das máquinas a vapor.

As consequências das descobertas eletromagnéticas do físico Oersted, no qual comprovou empiricamente a relação entre a eletricidade e magnetismo e a partir de então a febre pela necessidade de energia elétrica e o desenvolvimento de novos equipamentos.

Embora as civilizações mais remotas não soubessem defini-la essa dúvida ainda prossegue até hoje. A energia em ciência atualmente anda conectada também outro conceito chamado de momentum que juntos formulam as leis de conservação, energia também está intimamente ligada a processos biológicos, químicos e na sociedade atual.

De fato a etimologia da palavra tem origem no idioma grego, onde $\epsilon\rho\gamma\omicron\varsigma$ (ergos) significa “trabalho”. Embora não completamente abrangente no que tange à definição de energia, esta associação não se mostra por completo fora do domínio científico, em princípio, qualquer objeto que esteja realizando trabalho está a “gastar” parte de sua energia, transferindo-a ao sistema sobre o qual realiza o trabalho, ou vice-versa.

3. Unidades da energia

As unidades de energia estão intimamente relacionadas com a evolução científica, a partir de cada nova descoberta a adequação das unidades foi necessária, cujo motivo geralmente foi uma simplificação de cálculos ou convergência da própria definição do sistema em que está a solução.

No sistema SI, a unidade padrão para a definição de energia é o Joule onde se herda o nome do físico inglês que determinou o equivalente mecânico da caloria, válida até nesses dias atual sendo, $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$. E por sua vez, o Joule possui uma equivalência com as unidades da mecânica, dado por $\text{J} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$.

Também outra unidade de energia do SI é o Watt, uma unidade de medida muito utilizada nos equipamentos eletrônicos, ou a depender da situação kWh (quilowatt hora). Para o caso de medidas de altas energias uma unidade convencional seja MeV, Milhões de elétrons Volts. Portanto a unidade de energia tem uma dependência considerável ao contexto que a segue.

No início deste capítulo foi inserida uma informação energética que a Terra recebe o valor de 1365 W.m^{-2} a cada segundo deste valor apenas $341,25 \text{ W.m}^{-2}$ são contabilizados na superfície do planeta (No próximo capítulo em detalhes será comentada a contabilização desse valor). Sendo Watt uma unidade de energia, portanto, ao converter esse valor para a unidade padrão, geralmente vista na conta de energia elétrica, em kWh (quilowatt hora). Transformando a energia que chega a Terra em kWh se obtém o valor de $1228,5 \text{ kWh/m}^2$.

Ao comparar esse valor de $1228,5 \text{ kWh/m}^2$ com o consumo de uma geladeira simples residencial com potência de 84 W , ou seja, de $302,4 \text{ kWh}$ de consumo, a energia que chega a Terra, caso a eficiência de conversão fosse 1, seria a mesma necessária para alimentar cerca de 4 geladeiras desse tipo por cada metro quadrado.

4. Fontes de energia

Basicamente o conceito físico de energia está relacionado fortemente com a capacidade de um sistema poder realizar ou sofrer trabalho à sua vizinhança.

Nessa abordagem sabe-se que a energia não pode ser totalmente utilizada para realizar trabalho, pois, parte dela é dissipada em forma de calor (efeito Joule).

Atualmente, com o crescimento populacional e com o avanço tecnológico, a demanda pelo consumo de energia elétrica é extremamente indispensável para a sociedade atual. Como se utilizar dessas formas básicas de energia, com melhor rendimento, para a sua transformação em energia elétrica também representa um desafio para a sociedade científica atual.

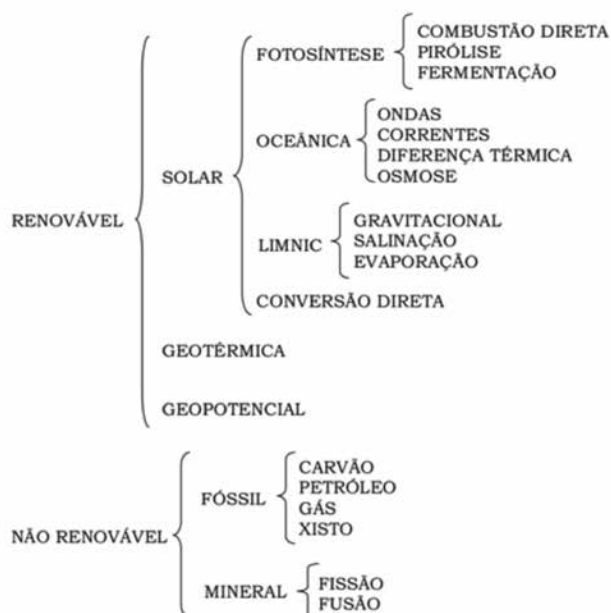


Figura 1 – Diagrama dos principais recursos energéticos disponíveis no planeta.

Fonte: Adaptado de Fanchi (2004)

Basicamente as fontes de energia podem ser classificadas como renováveis e não renováveis, na Figura 1 é apresentado um diagrama dos possíveis recursos energéticos disponíveis.

4.1 Energia mecânica

A energia mecânica é uma das fontes primárias mais utilizadas para a conversão em energia elétrica, sendo diretamente aplicada na produção de energia elétrica pelas hidroelétricas, nos parques eólicos, pelas turbinas marítimas.

A energia mecânica quando se trata das usinas hidroelétricas a fonte inicial é a energia potencial gravitacional devido à elevação do nível da água em relação às turbinas, quando o volume de água atinge as turbinas, então ela é convertida em energia cinética.

Sem a energia gravitacional somente o escoamento normal do rio existiria, de tal maneira que não haveria condições para a intensa produção de energia elétrica.

Por outro lado os parques eólicos não necessitam explicitamente da energia potencial gravitacional, entretanto necessitam diretamente da energia cinética do escoamento dos ventos nas pás dos aerogeradores.

4.2 Energia geotérmica

A energia geotérmica pode ser obtida a partir do gradiente de temperatura que existe entre a superfície da Terra e um ponto de referência abaixo da superfície da Terra.

O planeta Terra é composto de camadas, similarmente a atmosfera, entretanto sua principal composição é feita de tipos de rochas e magma no centro da Terra. A princípio as camadas são subdivididas em núcleo cristalino interior, núcleo derretido exterior, manto e crosta. Perfurando a superfície da Terra e aumentando a profundidade a temperatura tende a aumentar com a mesma tendência. O interior do planeta é muito mais quente que a superfície, isso devido principalmente as propriedades rochosas da crosta que tem um papel de isolar essas elevadas temperaturas.

O gradiente de temperatura pode ser obtido além da diferença de temperatura entre rochas quentes, da diferença entre as superfícies de água e do magma. O magma é rocha derretida e a crosta é aquecida por este grande reservatório térmico no interior do centro da Terra. Em algumas partes da crosta o magma está aprisionado por rochas, ou por água entre as rochas. O calor de energia obtido de fontes geológicas é chamado de energia geotérmica. Magma, rochas aquecidas e água aquecida são agentes térmicos.

O calor transportado para a superfície de um reservatório térmico depende da capacidade térmica do fluido em questão. Desta maneira para simplificação, considere um reservatório de água quente aquecido por uma fonte geotérmica externa. O calor produzido pelo reservatório de água será diretamente proporcional à diferença de temperatura do reservatório, T_{res} , pela temperatura da superfície, T_{sup} .

$$H = m_{\text{água}} c_{\text{água}} (T_{\text{res}} - T_{\text{sup}}), \quad 1.1$$

sendo $c_{\text{água}}$ o calor específico da água e $m_{\text{água}}$ a massa de água. De modo análogo ao que foi feito para se obter a potência efetiva de saída para uma usina hidroelétrica, para a energia geotérmica a equação é dada por

$$P_{\text{saída}} = \eta P_{\text{potencial}} = \eta c_{\text{água}} \rho_{\text{água}} F_{\text{água}} \Delta T, \quad 1.2$$

sendo η o rendimento, ou também chamado de eficiência efetiva de conversão.

Atividades de avaliação



1. Pesquise e escreva sobre conceitos e os princípios físicos envolvidos na Fissão e Fusão na energia nuclear.
Pesquise e escreva sobre conceitos e os princípios físicos envolvidos na energia geotérmica.
2. Energia pode se entendida como Força? Justifique sua resposta.
3. Elabore uma tabela com as unidades de energia Btu, Watt, MeV, J e Caloria com seu fator de conversão.
4. Defina conceitos sobre fontes de energias renováveis e não renováveis.
5. No processo de transformação de energia, por exemplo, a transformação de energia mecânica pela rotação de pás em aerogeradores para energia elétrica. Há transformação total dessa energia? Justifique sua resposta e introduza o conceito de rendimento.
6. O que são fontes de energia geotérmicas. Mostre sua interpretação física de estimativa energética.
7. Cite exemplos de fontes de energia mecânicas. Como esta energia pode ser aproveitada e transformada.
8. Defina o conceito de Potência.
9. Um ar-condicionado consome 7000 Btu. Estime o consumo mensal de energia em KWh desse equipamento.
10. A cada segundo, em média, chega à superfície da Terra 1360 W/m^2 . Por quantas tempo, uma casa de consumo de 20 KWh poderia usar essa energia descarregada em um segundo.

Referências



HALLIDAY, R., RESNICK, R., KRANE, K. S., **FÍSICA 2**, 4ed (tradução), 289p. LTC, Rio de Janeiro, 1996

ROCHA, J. F. M., **Origens e Evolução das Idéias da Física**, 374p., EDUFA, Salvador, 2002.

ROSA, A. V. **Fundamentals of Renewable Energy Processes**. 780p. Elsevier: California, 2005

TREUT L., SOMERVILLE, L. R., CUBASCH, U., DING, Y., MAURITZEN, C., MOKSSIT, A., PETERSON, A. e PRATHER, E., Historical Overview of Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

O Sol

1. Introdução

O Sol é a principal fonte de energia para o planeta Terra. A noção do Sol como fonte de energia para a vida no planeta é relatada desde os povos antigos, como por exemplo, o povo Hebreu cuja maior contribuição foi à bíblia que relata a concepção de luz como fator fundamental para a vida.

O povo egípcio, que atingiram o apogeu de sua grandeza na era dos faraós (3000 a.C a 1000 a. C), detentores de conhecimentos astronômicos e arquitetônicos construíram as pirâmides, sendo que grande parte destas estão alinhadas com a trajetória do Sol. O saber astronômico era aplicado na cosmologia mística que esse povo tinha com os astros, de tal forma, que com essas obras eles demonstram a importância do Sol para a vida no planeta, sobre a máscara de deuses.

Entretanto a quantificação da verdadeira influência que o Sol produz no planeta sofreu uma revolução drástica a partir dos anos 1900 com o surgimento das bases que levaram para a formulação da teoria quântica. O Sol era visto como um astro que irradiava energia, entretanto os físicos não sabiam responder algumas questões: Quanto de radiação emitida pelo Sol chega a Terra? Quanto o Sol emite de radiação? Qual a lei que está por traz de um corpo irradiante?

Respostas para essas questões se tornaram possíveis a partir dos trabalhos publicados por: Max Karl Ernst Planck (1858-1947), Jose Stefan (1835-1893) e Ludwing Boltzmann (1844-1906). Onde os trabalhos de resolviam várias questões sobre o comportamento da radiação do corpo negro.

Neste capítulo o Sol será abordado como uma fonte de energia para o planeta Terra e algumas características, entretanto detalhes astronômicos não serão ser abordados.

2. Espectros da radiação

A radiação eletromagnética pode ser vista como um conjunto de ondas que viajam na velocidade da luz. E a radiação possui um espectro que é dividido em regiões, mostradas na Figura 1.

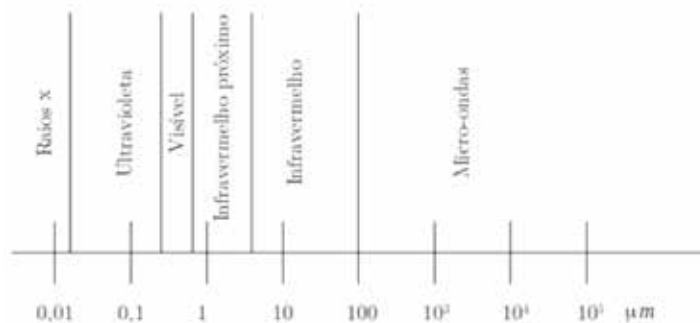


Figura 1 – O espectro eletromagnético da radiação.

A radiação que atinge o planeta possui todo esse espectro, entretanto, predominantemente existe uma faixa do comprimento de onda que chega a Terra, que é a faixa do visível e do infravermelho próximo, com temperatura de brilho cerca de 5700K, essa faixa é comumente chamada de radiação de onda curta. Embora essa região seja predominante isso não implica afirmar que a Terra não recebe radiação ultravioleta, raios-x e microondas.

No caso do planeta Terra, ele também emite radiação por causa da pequena temperatura de brilho que possui, cerca de 300 K, portanto a densidade de energia irradiada está predominantemente na região do espectro infravermelho. Essa característica da radiação emitida pelo planeta nessa região é chamada de radiação de onda longa.

Essa constatação está diretamente relacionada com a lei de deslocamento de Wien que relaciona o pico de comprimento de onda com a temperatura de brilho do corpo negro, essa lei é derivada da função de Planck.

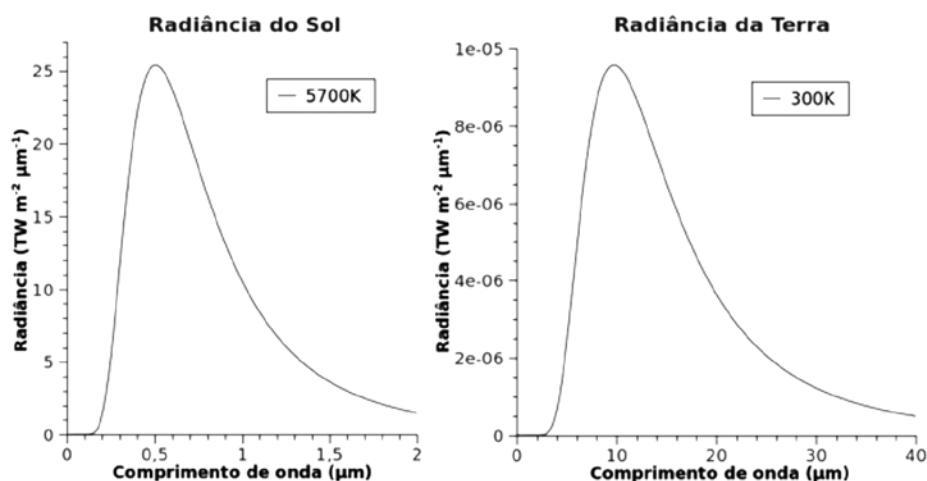


Figura 2 – Espectro da radiação emitida para um corpo negro com temperatura absoluta de 5700 K (a), semelhante ao Sol, e de 300 K (b), semelhante a Terra.

A Figura 2 apresenta o espectro de radiação emitido por dois corpos negros idealizados por meio da equação de Planck, um com temperatura absoluta de 5700 K e outro com 300 K. O primeiro corpo possui a temperatura de emissão do Sol e o outro, em média, a temperatura da Terra. Como se percebe o maior pico de radiação está aproximadamente em $0.5 \mu\text{m}$, banda da faixa do visível, para o caso do Sol e o segundo com o pico de cerca de $10 \mu\text{m}$, banda do infravermelho, como era de esperar.

O espectro de radiação é muito importante para a discussão do balanço de energia na superfície do planeta Terra e dos aspectos dos gases do efeito estufa e do aquecimento global.

3. Energia do sol incidente na terra

Como se pode perceber na seção anterior o Sol é uma fonte ininterrupta de energia sendo esta um potencial para a produção de energia elétrica.

A seção anterior é apenas uma introdução para a justificativa de disponibilidade energética que o Sol possui. Como se pode observar na Figura 2 a densidade de energia do Sol tem seu pico na região do espectro visível, dessa forma, a construção de captadores de luz solar nessa região do espectro visível são extremamente rentáveis para a produção de energia.

Entretanto essa disponibilidade de energia é afetada devido ao distanciamento da Terra ao Sol, portanto em média a radiação que chega a Terra é de cerca $1365 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Desse valor cerca de 30% é refletido de volta para o espaço isso devido às propriedades ópticas das nuvens, superfície e particulado na atmosfera. Desse modo a quantidade de energia radiante que chega à Terra pode ser expresso pela equação

$$F_{efetiva} = \frac{(1 - \alpha)}{4} F_{Sol} \quad 2.1$$

sendo α o albedo, ou seja, a fração que é refletida para o espaço da radiação incidente para a Terra o valor é 0,30. Substituindo os valores da Terra da radiação incidente e do albedo se tem que o valor da radiação efetiva que chega à superfície da Terra é aproximadamente $238 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

A energia produzida pelo Sol é uma fonte potencial para a vida na Terra sendo esta responsável pela produção dos movimentos atmosféricos e oceânicos. A Terra possui vários ciclos de energia e balanços energéticos associados com os mais diversos componentes da atmosfera, como por exemplo, vapor d'água, fluxos de energia etc. e o Sol é a principal fonte energética para o controle e mantimento desses ciclos.

A quantidade de energia que chega do Sol pode variar conforme a localização no planeta, por meio da longitude, e através da inclinação do eixo de rotação do planeta e entre outros que aqui não são destacados, entretanto somente esses efeitos são responsáveis pela definição das estações do ano, da duração dos dias e entre outros que diretamente afetam a vida e os ciclos de energia do planeta.

Quanto à utilização da energia do Sol para outros fins da ação humana, se pode destacar a produção da energia elétrica por meio das placas fotovoltaicas, fotólise para a produção de hidrogênio e reações fotoquímicas, aquecimento da água e ambientes por meio de coletores térmicos, destilação, torres térmicas e etc.

Atividades de avaliação



1. Defina o significado de Corpo Negro.
2. O que é a função de Planck?
3. O que é a lei de Stefan-Boltzmann
4. Esquematize o espectro de radiação solar.
5. Quais as frequências associadas ao campo eletromagnético da luz?
6. Mostre que a quantidade de energia que sai do Sol e chega a Terra pode ser dada por esta expressão

$$F_{efetiva} = \frac{(1 - \alpha)}{4} F_{Sol}$$

Dica: Os raios de luz do sol se propagam através de um círculo e quando chegam na Terra, se espalham sobre a superfície da esfera.

7. O que é o albedo solar? Qual seu significado?
8. Partindo do espectro de radiação solar, além da luz visível, quais os outros tipos de radiação contidos nele.
9. Partindo do espectro de radiação de uma temperatura de 300 K, além do infravermelho, quais outros tipos estão contidos?

Referências



FANCHI, J. R. **Energy: technology and directions for the future**, 516p, Elsevier: Oxford, 2004.

ROSA, A. V. **Fundamentals of Renewable Energy Processes**. 780p. Elsevier: California, 2005.

SEM, Z. **Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques: Atmosphere, Environment, Climate Change and Renewable Energy**. 280p. Springer: London, 2008.

Energias Renováveis

1. Introdução

As energias renováveis estão em um grupo de fontes energéticas que estão dentro de ciclos naturais do planeta, portanto não são tratadas como fontes limitadas, como por exemplo, é o caso do carvão, metais pesados e petróleo. Embora não se pode desprezar que a captação dessas energias de qualquer que seja a fonte provoque impactos ambientais mesmo que sejam pequenos. Nesse capítulo serão apresentadas algumas fontes e seus respectivos princípios de disponibilidade energética.

2. Hidrelétrica

Na usina hidrelétrica é possível quantificar a energia potencial gravitacional, U_g , disponível a uma dada elevação h da água em relação às turbinas, dado pela equação

$$U_g = m_{\text{água}}gh, \quad 3.1$$

sendo g a aceleração da gravidade e $m_{\text{água}}$ é a massa da quantidade de água que passa pelas turbinas através dos dutos.

Á água que está por trás da barragem possui uma quantidade de energia potencial gravitacional disponível devido à elevação h , geralmente chamada de elevação hidráulica, esta desce pelos dutos até atingir as turbinas onde é convertida em energia cinética.

Entretanto quantificar a massa da água de queda não é uma maneira fácil, a variação de massa pode ser reescrita como função da densidade e do volume de queda, desta forma a variação de energia potencial é dada por,

$$U_g = \rho_{\text{água}}V_{\text{água}}gh, \quad 3.2$$

sendo $\rho_{\text{água}}$ a densidade da água e $V_{\text{água}}$ o volume de água que chega nas turbinas.

A energia potencial disponível devido à queda da água pode ser vista como uma energia de trabalho que o campo gravitacional atua na massa de queda de água, desta maneira, a potência energética, P_g , da queda de água por unidade de tempo é dada por

$$P_g = U_g / \Delta t = \rho_{\text{água}} g h (V_{\text{água}} / \Delta t) \quad 3.3$$

A taxa de variação do volume pelo tempo representa o quanto de água em volume muda com o tempo, ou seja, esta taxa de variação representa uma grandeza de fluxo, ou seja, fluxo de água, $\phi_{\text{água}}$, que atinge as turbinas. Deste modo a potência relativa à energia potencial disponível é dada pela equação

Entretanto, em qualquer recurso energético, a energia disponível para conversão não é totalmente convertida em energia elétrica, pois sendo necessária a adição do fator de eficiência, η , na equação

$$P_{\text{saída}} = \eta P_g = \eta \rho_{\text{água}} g h \Phi_{\text{água}} \cdot \quad 3.4$$

Outra questão importante se diz respeito ao escoamento da água, pois em escalas menores de movimento, os dutos provocam efeitos de turbulência, ou seja, são efeitos dissipativos de energia que levam a perda energética devido ao próprio movimento.

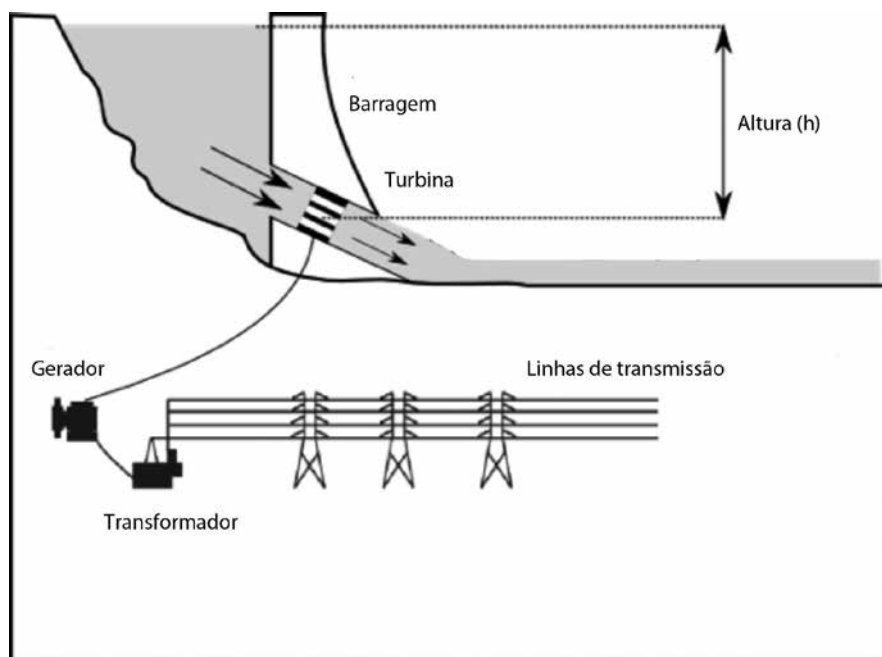


Figura 3 – Esquema de alguns elementos numa usina hidroelétrica.

Fonte: Adaptado de Fanchi (2004)

3. Energia dos ventos

As turbinas eólicas modernas são classificadas em dois tipos sendo elas de eixo horizontal e eixo vertical. A turbina vertical possui pás que giram em torno do eixo vertical, onde apresenta uma semelhança com um batedor de ovos,

e por outro lado a turbina horizontal possui pás que giram nem torno do eixo horizontal, como apresenta a Figura 4 a seguir.

As turbinas horizontais são muito comuns atualmente. Uma típica turbina horizontal possui duas ou mais pás conectadas a cabine de máquina localizada em cima da torre sobre uma base para a sustentação. A cabine da máquina contém um gerador associado a turbina de vento. As pás podem girar no plano vertical e a cabine da máquina pode girar no plano horizontal. A capacidade de um gerador montado de girar ao longo do eixo vertical é chamada de efeito *yaw*.

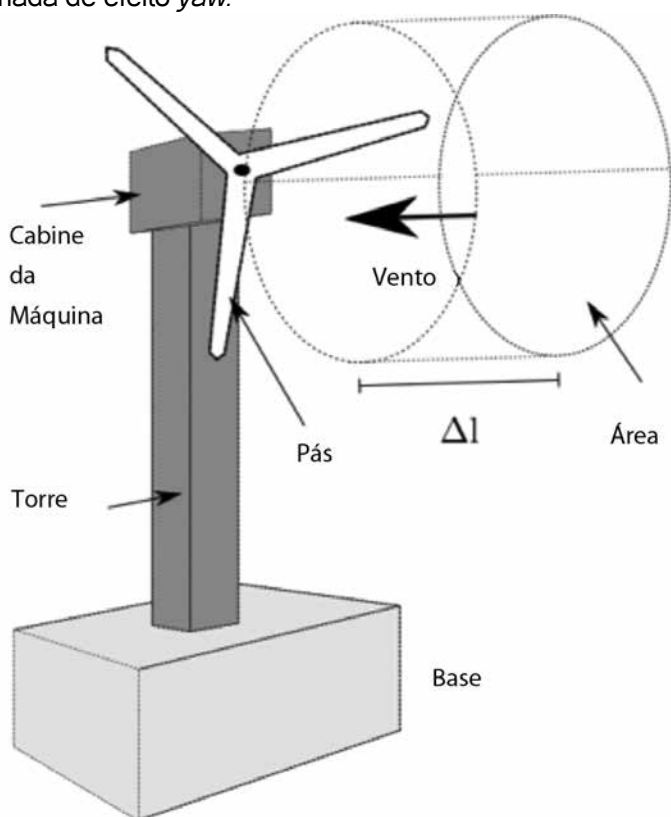


Figura 4 – Esquema de uma turbina horizontal com alguns de seus componentes.

Fonte: Adaptado de Fanchi (2004)

Agora será determinada a equação de potência que uma turbina eólica. Considere o volume de ar que irá atingir as pás da turbina,

$$V = A\ell \quad 3.6$$

sendo V a quantidade de volume que atinja as pás da turbina, A é a área de seção de corte na vertical e ℓ o comprimento da coluna horizontal de ar. Agora através da equação da densidade do ar seja o volume reescrito pela quantidade de massa do ar.

Agora levando em conta a velocidade do cilindro de ar que se movem

$$m_{ar} = \rho_{ar}V = \rho_{ar}Al \quad 3.7$$

em direção as pás da turbina. A quantidade de energia cinética dessa massa de ar pode ser escrita pela equação

$$E_c = \frac{1}{2}m_{at}v_{ar}^2. \quad 3.8$$

Substituindo a equação da massa do cilindro (3.7) pela equação de energia cinética (3.8) devido à velocidade de escoamento do vento se tem,

$$E_c = \frac{1}{2}\rho_{ar}Alv_{ar}^2 \quad 3.9$$

Entretanto o comprimento, l , do cilindro de ar pode ser escrito como uma função da velocidade do ar e a variação do tempo que a massa de ar sofre

$$E_c = \frac{1}{2}\rho_{ar}v_{ar}^3A\Delta t \quad 3.10$$

Sendo que a taxa de variação de energia pode ser dividida em ambos os lados pela variação de tempo que em termos físicos representa o quanto de energia cinética possui o cilindro em cada variação do tempo, ou seja, a Potência disponível de energia cinética do movimento

$$P_c = E_c/\Delta t = \frac{1}{2}\rho_{ar}v_{ar}^3A \quad 3.11$$

A equação acima representa a Potência disponível de energia cinética de movimento para a produção de energia elétrica. Dessa equação é possível estimar a densidade de potência do vento sendo esta muito utilizada para caracterizar o potencial eólico de uma dada região. Para encontrá-lo basta apenas dividir a potência disponível pela área da seção de corte vertical do cilindro de ar, ou em termos mais práticos de área das pás da turbina

$$D_p = P_c/A = \frac{1}{2}\rho_{ar}v_{ar}^3 \quad 3.12$$

Outras medidas são importantes para caracterização da potência efetiva da energia dos ventos para a produção de energia elétrica, como por exemplo, a densidade disponível de potência que levam em conta o coeficiente de arrasto do vento, a viscosidade cinemática promovida pelo efeito do número de Reynolds, eficiência da turbina de vento e outras.

4. Energia das ondas e marés

O oceano é outra fonte disponível de energia de movimento para conversão em energia elétrica. Basicamente as ondas são promovidas pelo cisalhamento dos ventos sobre a superfície do mar, que de certa maneira sua principal fonte, promovido pelo escoamento atmosférico, é o resultado do balanço de energia da atmosfera.

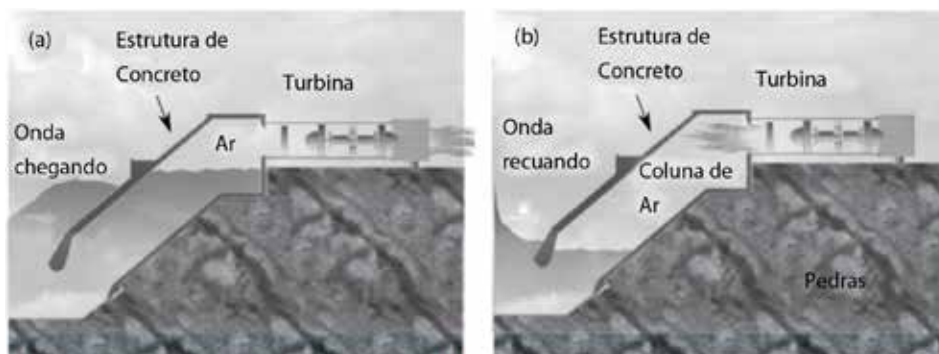


Figura 5 – Esquema que representa uma forma de obtenção de energia elétrica através do avanço e recuo das ondas no litoral em (a) se percebe a onda chegando e provocando compressão na turbina enquanto em (b) o recuo da onda provoca a sucção do ar.

Fonte: Adaptado de ROSA (2005)

O aproveitamento energético das marés e das ondas não é devido somente ao movimento, também podem ser obtidos dos gradientes de temperatura no qual possuem. Como por exemplo, o movimento oscilatório das ondas pode ser aproveitado para a produção de energia elétrica, a instalação de torres eólicas sobre o oceano onde os efeitos de rugosidades são pequenos para a constância na velocidade dos ventos, o gradiente de temperatura entre camadas inferiores e superiores do oceano.

Atividades de avaliação



1. O que são fontes renováveis de energia? Qual sua diferença entre fontes alternativas de energia?
2. Cite exemplos de fontes renováveis de energia.
3. Cite exemplos de fontes não renováveis de energia.
4. Qual princípio físico associado a obtenção de energia elétrica a partir de aerogeradores? Que regiões do planeta podem possuir potencial geração de energia elétrica a partir da energia eólica?

5. Qual princípio físico associado à obtenção de energia elétrica a partir de hidrelétricas? Cite possíveis impactos de sua construção no leito de rios.
6. A intensidade de energia pode ser definida pela potência média dividida pela área. Encontre a intensidade de energia de a tabela a seguir de uma usina hidroelétrica e de um painel solar.

Tipo	Potência (MW)	Área (Km ²)	Intensidade de energia (W.m ⁻²)
Hidroelétrica	600	400 000	
Painel Solar	10	0,5	

7. Um reservatório de água de uma usina hidroelétrica possui uma área média de 200 000 Km² e profundidade de cerca de 100 m, considerando que a forma da represa seja geometricamente perfeita. Estime o volume dessa represa em m³. Sabendo que a represa possui potência de saída útil de 2000 MW e sabendo que o rendimento é de 0,7 calcule o valor da vazão dessa represa.
8. Uma turbina possui diâmetro de 44 m e gira a uma taxa de 28 rotações por minuto. Qual é a velocidade angular em metros por segundo promovida pelas pás da turbina.
9. Uma turbina possui diâmetro de 40 m e sobre durante o dia o vento tem um valor médio de 4 m.s⁻¹. Estime a densidade de potência dessa turbina para um dia.
10. Sabendo que numa região com cerca de 50 km² os ventos tem velocidade média de 4 m.s⁻¹ e que uma turbina de 40 m ocupa cerca de 1600 m² de área. Estime a quantidade de turbina que podem ser inseridas nessa região. Estime a densidade de potência que essa região possui.

Referências



- FANCHI, J. R. **Energy: technology and directions for the future**, 516p, Elsevier. Oxford, 2004.
- ROSA, A. V. **Fundamentals of Renewable Energy Processes**. 780p. Elsevier. California, 2005.
- SEM, Z. **Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques: Atmosphere, Environment, Climate Change and Renewable Energy**. 280p. Springer. London, 2008.

PARTE

2

A Física e o corpo humano

Sentidos do corpo humano

Objetivos

- Compreender conceitos físicos básicos aplicados nos sentidos da visão e audição; e no sistema circulatório.
- Aprofundar os conhecimentos da Física e o Corpo Humano para o cotidiano do docente em sala de aula.

1. Introdução

O corpo humano com sua complexa estrutura não é capaz de captar tudo em sua volta, pois para cada sentido, ou seja, habilidade de captar informações existem limitações, como por exemplo os olhos são hábeis a captar a luz no seu espectro visível, entretanto outros comprimentos de onda luminosa não são visíveis somente com os olhos, necessitando de equipamentos especiais para tal finalidade.

Os sentidos captados ou não captados pelo corpo humano são muito estudados pela neurociência, psicologia cognitiva e a filosofia da percepção. Este curso trata os aspectos básicos das habilidades de percepção do corpo humano e uma contextualização dos conceitos físicos ligados em cada aspecto.

Tudo que é captado pelos sentidos são enviados para o sistema sensorial, que é uma parte do sistema nervoso responsável pelo processamento da informação sensorial. Em outras palavras o sistema sensorial é o responsável por receber as informações de cada sentido e decodificá-las para o que se pensa.

Cada informação processada pelo sistema sensorial é transmitida por impulsos elétricos que iniciam sua trajetória da extremidade do sentido e em seguida são transportados pelas células nervosas até atingirem o cérebro.

2. A visão

A visão é um sentido humano que tem a capacidade de captar o espectro de luz visível refletido ou emitidos pelos corpos, onde transforma e envia através de impulsos elétricos a mensagem ao cérebro; e finalmente representa na mente do ser aquilo que enxerga.

A principal ferramenta de captação dessas imagens é o olho, um sistema formado por de um conjunto de elementos que capta a imagem (cristalino, córnea e pupila), projeta sobre um sensor que transforma (retina) a imagem em um sinal elétrico codificado e envia (nervo óptico) ao cérebro.

2.1. O olho humano

O olho humano tem as funcionalidades básicas de uma câmera digital comum, sendo este basicamente formado de um sistema de lentes, um sistema de diafragma variável e uma retina que corresponde a um filme em cores. A Figura 6 mostra uma seção de corte do olho humano apresentando alguns dos seus componentes.

O olho possui algumas características automáticas que mesmo as câmeras mais modernas não possuem:

- Um sistema automático de focalização, podendo este fazer ajustes de distâncias que vão de poucas dezenas de centímetros até centenas de metros.
- A íris, correspondente ao diafragma, que regula a quantidade de iluminação dentro do olho humano.
- Autoajuste de poder captar imagens de objetos em ambientes com boa iluminação até mesmo com pouca iluminação.
- Visão angular muito grande: Plano horizontal; $\sim 90^\circ$ na direção da têmpora e $\sim 50^\circ$ a frente do nariz e no plano vertical; $\sim 50^\circ$ para cima e $\sim 65^\circ$ para baixo.
- A imagem de um objeto formado na retina é invertida.

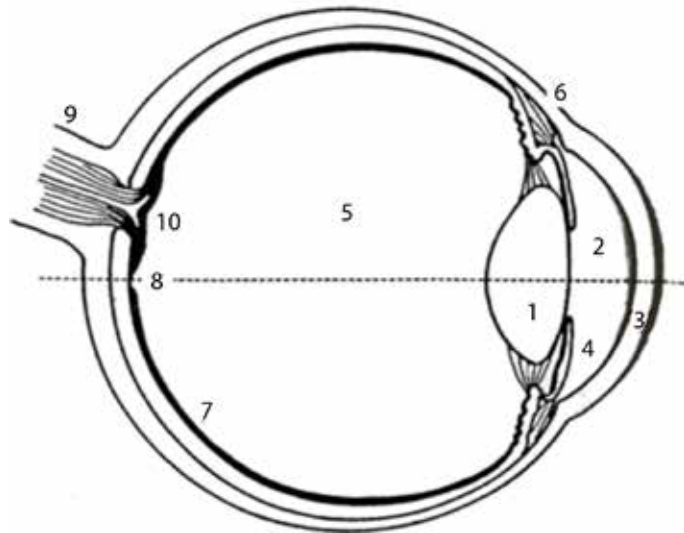


Figura 6 – Seção de corte do olho humano: (1) Cristalino, (2) Câmara anterior, (3) Córnea, (4) íris, (5) Câmara posterior, (6) Músculo Ciliar, (7) Retina, (8) Fóvea central, (9) Nervo óptico e (10) Ponto cego, no qual tudo que passa pela retina, passa pelo nervo óptico até chegar ao cérebro.

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

O funcionamento óptico do olho humano tem boa aproximação física quando comparado a óptica geométrica envolvendo lentes esféricas. Opticamente as partes ativas do olho são a córnea e o cristalino. A córnea possui uma forma convexa (face externa) e uma forma côncava na face interna (face interna). Isto tem uma pequena curvatura que em média é de 7,8 mm, desta forma ela pode atingir uma gigantesca diferença no índice de refração, partindo do índice de refração do ar até o da água .

O cristalino está suspenso por fibras, chamada de rótula ciliar, especificamente, elas são estreitadas ou alargadas pelo músculo ciliar. A íris controla a abertura do cristalino sobre o eixo óptico, permitindo a luz passar através da área visível do cristalino chamado de pupila. A íris pode variar o diâmetro da pupila para ajustar a intensidade total de luz até atingir a retina.

O cristalino é um corpo transparente, flexível e biconvexo com índice de refração cerca de $n \geq 1,41$. A variação elástica do cristalino é mostrada na Figura 7 a seguir.

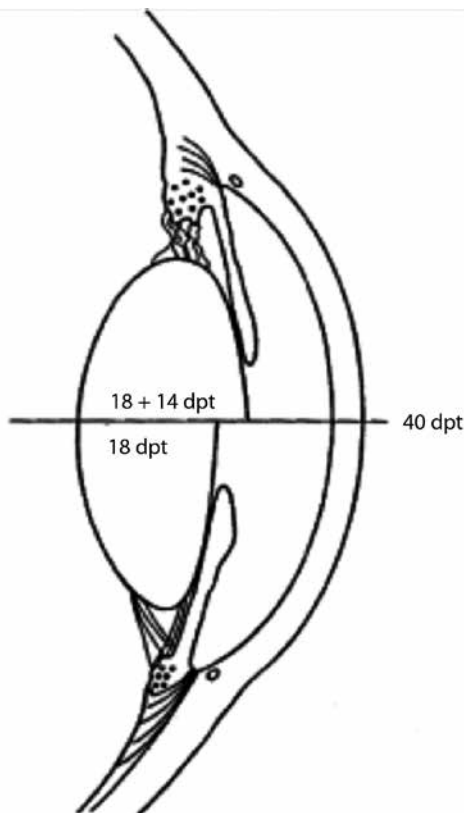


Figura 7 – Geometria do cristalino, músculo ciliar, e ligamentos do olho humano: Note que mudanças do músculo ciliar, ligamentos e cristalino entre a visão de curto alcance (topo) e a de visão longo alcance (abaixo). A córnea tem uma potência de refração.

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

A dpt é a unidade de medida da potência de refração, ou também chamada de convergência, cujo nome é dado por dioptria sendo a sua unidade dada em m^{-1} .

A convergência de uma lente esférica na física geométrica é dada pela equação

$$C = \frac{1}{f} \quad 4.1$$

sendo f a distância focal.

E como se pode perceber devido a capacidade do olho humano ter a capacidade de mudar a estrutura do cristalino como também ajustar a fenda, por meio dos ligamentos do olho humano. Torna-se este um diferencial que define a capacidade do olho humano ter um alcance variável do que está a sua frente.

A partir de agora será mostrado como o olho humano normal pode ser capaz de capturar imagens desde unidades de centímetros até mesmo centenas de metros. A equação de formação da foco da imagem relacionada pela distância do objeto e da projeção da imagem, sendo esta invertida ou real é dada por

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i} \quad 4.2$$

sendo o a distância do objeto a lente e i a distância da imagem gerada à lente.

Combinando a equação 4.1 e 4.2 se obtém a equação que permite verificar como o olho humano normal (sem deficiência) pode capturar imagens de curto e longo alcance

$$C = \frac{1}{o} + \frac{1}{i} \quad 4.3$$

No olho humano normal a distância entre o cristalino e a retina é variável, dependendo de cada olho, em média se usará nos exemplos e atividades o valor 0,02 m (embora seja menor com um erro de $\pm 3 \times 10^{-4}$ m), ou seja, nas equações a seguir se considerará que a distância da imagem projetada na retina é de $i = 0,02$ m.

Outro aspecto importante é chamado da faixa de acomodação, que é um intervalo medido entre os valores de convergência do olho humano em um objeto próximo de 25 cm do olho humano e distante o suficiente ao considerar este valor tendendo ao infinito.

$$C_{\infty} = \frac{1}{0,02} + \frac{1}{\infty} = 50dpt$$

$$C_{0,25} = \frac{1}{0,02} + \frac{1}{0,25} = 54dpt$$

A capacidade de ver objetos numa situação relaxada, ou seja, quando o cristalino está relaxado e sem estreitamento da pupila, o ponto de melhor alcance é chamado de “ponto próximo” de visão. Sendo isso coerente, pois, quando uma pessoa vai ao oftalmologista para fazer consultas uma orientação certa do médico antes da consulta é deixar a pupila relaxada, ou seja, a fim de determinar o “ponto próximo”.

O ponto próximo do ser humano pode variar com a idade, observe a tabela abaixo, e bem como as deficiências associadas desde o nascimento ou por problemas externos, a partir desse padrão é determinado o tipo de deficiência e a lente que uma pessoa precisa utilizar.

Tabela 1

Valores médios para o ponto próximo do homem ao longo da idade.	
Idade	Ponto próximo
10 anos	7 cm
20 anos	9 cm
30 anos	12 cm
40 anos	22 cm
50 anos	40 cm
60 anos	100 cm
70 anos	400 cm
> 75 anos	

Exemplo: Considere um objeto muito distante de um observador, cerca de 100 metros de distância, determine se o observador tem condições capturar a imagem desse objeto posto a essa distância.

Solução:

$$C_{100} = \frac{1}{100} + \frac{1}{0,02} = 50,01dpt$$

O valor encontrado para a convergência foi de 50.01 dpt, ao comparar esse valor a faixa de acomodação do olho humano, se pode afirmar que o observador poderá capturar a imagem desse objeto a 100 metros.

¹ Na hipertropia devido ao funcionamento irregular da elasticidade do cristalino, isso resulta a priori na perda da potência de refração, ou seja, da convergência da imagem na retina do olho.

Como resultado dessa deficiência, em média, o valor da convergência do cristalino de olhos humanos com hipertropia é $C=32$ dpt, portanto, com esse valor presume-se que um observador terá dificuldades de capturar imagens que estão muito próximos do observador. Exemplo: Considere um observador com hipertropia e o mesmo possui seu ponto próximo a 2 metros. Determine o valor da convergência nesse caso do seu ponto próximo e qual será o valor de correção da lente, quando o observador desejar realizar a leitura de um objeto distante 0,25 cm.

$$C_{\text{hiper}} = \frac{1}{0,02} + \frac{1}{2} = 50 + 0,5 = 50,5 \text{ dpt}$$

Agora, para se determinar o valor da deficiência, se deve subtrair o valor de acomodação para obstáculos próximos do valor obtido de convergência do ponto próximo.

O observador precisa de um óculo que lhe forneça para poder enxergar com nitidez objetos que estejam a 0,25 cm distantes.

2.2. Física aplicada nas deficiências da visão

Existem algumas deficiências do olho humano, cinco serão citadas, elas são listadas abaixo e duas serão discutidas em maiores detalhes como exemplos de como os óculos servem para a correção desses desvios.

Astigmatismo (*stigma* - grego: ponto). Uma fonte pontual (objeto) define uma imagem embaralhada na retina. Este é causado por uma diferença entre os raios horizontal e vertical da córnea, ou do cristalino. É frequentemente surge no nascimento e inerente. Algumas exceções são devidos a lesões. Óculos com lentes assimétricas corrigem essa deficiência.

Catarata (*katarrhaktos* grego: diminuindo mais). O cristalino começa a escurecer e eventualmente ficar opaco. Esta condição é frequentemente acontece naturalmente ou causado por lesões traumáticas, diabetes, idade avançada ou como um resultado de outras doenças.

Glaucoma (*glaukos* - grego: cinza-azul). Glaucoma é um termo coletivo para várias doenças do olho associadas com o aumento do padrão de pressão do fluido do olho, partindo de um valor médio de 2.0 kPa para valores entre 6.7 kPa e 10.7 kPa (caso agudo). O tratamento é realizado utilizando drogas.

Hipertropia¹ (*hyper* - grego: longe, *opos*- grego: olho). Hipertropia no olho é uma deficiência associado com a elasticidade insuficiente do cristalino, causando um processo incompleto dos músculo ciliares de regular a intensidade luminosa que atinge a retina.

Miopia (*my* - grego: músculo). É uma deficiência no olho devido a incapacidade do músculo ciliar de executar o correto controle de contração e expansão do cristalino.

3. Audição

A audição um sentido que tem a capacidade de captar ondas sonoras em uma dada frequência, transformar em impulsos elétricos e enviar ao cérebro a fim do entendimento do ser.

3.1. O ouvido

O ouvido é um detector de ondas sonoras extremamente sensível. Este pode analisar intensidade de sons que variam com 12 ordens de precisão, sendo este capaz de distinguir frequências entre 16 Hz e 16 kHz.

Para atingir esta extraordinária propriedade todos os três componentes do ouvido são mostrados na Figura 8, o ouvido externo, o ouvido central, e o ouvido interno são essenciais.

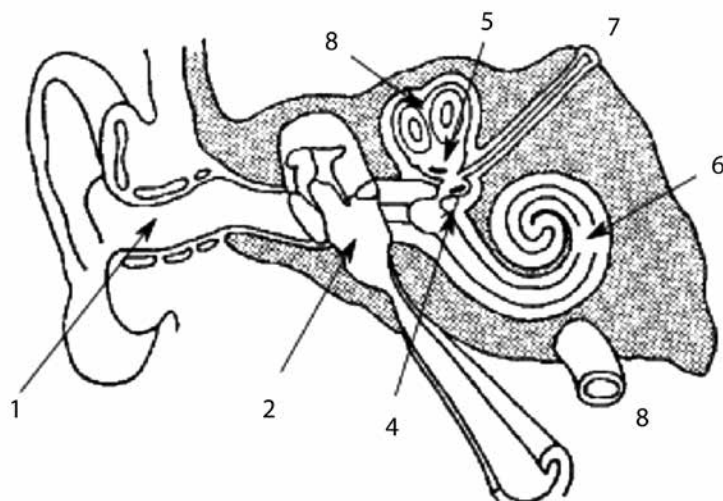


Figura 8 – Visão geral do ouvido humano, são mostrados os três principais componentes do ouvido, o ouvido externo formado pelo canal auditivo (1) finalizando no tímpano, o ouvido central com três ossículos, martelo, bigorna e estribo (a esquerda de 2).

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

O ouvido externo é um tubo quase fechado cuja função fundamental é produzir uma ressonância de amplificação das frequências possíveis ao longo da faixa distinguível. O mecanismo mecânico no ouvido central é receber esse conjunto de ondas sonoras amplificadas e transformar numa energia mecânica de vibração no tímpano e transmitidas até o estribo. Ao chegar no ouvido interno, diferentemente do restante do ouvido, o meio de propagação não é mais o ar, mas sim um meio líquido, no qual transforma essas ondas em impulsos elétrico que são transmitidos ao cérebro.

3.2. Transporte das ondas sonoras no ouvido médio

O ouvido médio transporta o sinal sonoro do tímpano, no qual vibra em resposta das ondas sonoras chegando no canal auditivo. As vibrações na janela oval, provocam ondas na perilinfa, ou seja no líquido do ouvido interno.

O ouvido médio é necessário porque as ondas sonoras viajam até chegarem a um meio denso (ar para o perilinfa). Isto consistindo do martelo preso ao tímpano, a bigorna e o estribo no qual estão juntos a janela oval do cóclea.

Portanto, como são dois meios de propagação diferentes existe uma diferença entre o transporte do som, no ar e na perilinfa. Ao se considerar um modelo conceitual simplificado, que entre o tímpano e a janela oval, não haja perdas mecânicas de propagação sonora, esse esquema pode ser ilustrado na Figura 9 a seguir.

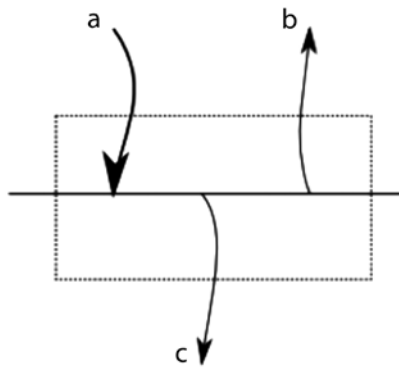


Figura 9 – Esquema conceitual de uma onda atravessando um face entre dois meios. A caixa de linhas pontilhadas representa a seção de análise sendo (a) a onda incidente, (b) onda refletida e (c) onda transmitida.

Para quantificar a eficiência da transmissão do som na membrana, seria a priori necessário se determinar a razão da intensidade da onda refletida pela onda transmitida. Para o ouvido, se deve a princípio, que a intensidade da onda transmitida deve ser significante menor que da onda incidente no tímpano e a janela oval da cóclea caso se considere estes como uma membrana simples. Para se obter a confirmação desse nível de complexidade do ouvido médio se faz necessário resgatar o conceito de amplificação.

Com se percebe na Figura 9, conceitualmente é coerente na onda refletida e incidente ocorrer o fenômeno da superposição, de tal forma que o somatório das ondas dentro da região de estudo (caixa de pontos pontilhado) é dado por

$$v_i + v_r = v_t \quad 4.4$$

sendo v_i a máxima velocidade de onda incidente, v_r a máxima velocidade de onda refletida e por último v_t a máxima velocidade de onda transmitida.

Desta maneira, a energia que passa através da membrana deve ser conservada. O transporte de energia é dado pela equação de densidade de energia da intensidade do som, ou se pode chamar também de um fluxo de densidade de energia, dada por

$$I = c\varepsilon, \quad 4.5$$

sendo c a velocidade do som no meio em que se propaga e ε é a fração de energia por volume, esta pode ser obtida considerando a relação que existe numa propagação de onda sonora e sua velocidade máxima de propagação. Sendo o máximo valor da velocidade dado por

$$v_{max} = \pm \sqrt{\frac{k}{m}} A. \quad 4.6$$

No movimento harmônico de uma onda, a amplitude relaciona o conteúdo energético como combinação das energias potencial e cinética dada por

$$E_{total} = \frac{1}{2} k A^2 \quad 4.7$$

em ambas as equações 4.6 e 4.7, onde, A é a amplitude da onda e k o número de onda.

Substituindo a equação 4.7 em 4.6 se obtém a equação da energia total da onda como função de seu valor máximo da velocidade,

$$E_{total} = \frac{1}{2} k v_{max}^2 \quad 4.8$$

Agora para determinar a fração de energia de movimento da onda por unidade de volume, basta apenas dividir a equação 4.8 pelo incremento do volume, considerando uma pequena porção de volume, portanto se obtém,

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \rho v_{max}^2 \quad 4.9$$

Substituindo a equação 4.8 na 4.5, se obtém

$$I = \frac{1}{2} c \rho v_{max}^2. \quad 4.10$$

A partir da equação 4.10 o princípio de conservação de energia na membrana pode ser escrito como o balanço dos fluxos de energia das ondas incidente e refletida tendo o igual valor da onda transmitida, escrita como

$$\frac{1}{2} c_{ar} \rho_{ar} v_i^2 = \frac{1}{2} c_{ar} \rho_{ar} v_r^2 + \frac{1}{2} c_{pe} \rho_{pe} v_t^2 \quad 4.11$$

sendo a equação acima a conservação do fluxo de energia de ondas sonora incidente, refletida e transmitida. Tomando a equação 4.4 e isolando a velocidade máxima da onda refletida e substituindo na equação da conservação de energia 4.10 se obtém

$$c_{ar} \rho_{ar} v_i^2 = c_{ar} \rho_{ar} (v_t - v_i)^2 + c_{pe} \rho_{pe} v_t^2 \quad 4.12$$

Ao resolver a equação 4.12 se obtém a velocidade de transmissão da onda em função da velocidade incidente proporcional a razão dos produtos de velocidade pela densidade de cada tipo de meio

$$v_t = \frac{2c_{ar}\rho_{ar}}{c_{ar}\rho_{ar} + c_{pe}\rho_{pe}}v_i \quad 4.13$$

O objetivo fundamental é testar a proposição citada no início dessa seção, que é de verificar qual a razão de perda do fluxo de ondas quando as mesas emergem do ar e atravessam a membrana para a perilinfa. Um cálculo ideal a se fazer é obter a razão do fluxo que passa na perilinfa pelo fluxo que passa pelo ar, dado por

$$R = \frac{I_{pe}}{I_{ar}} = \frac{\frac{1}{2}c_{pe}\rho_{pe}v_t^2}{\frac{1}{2}c_{ar}\rho_{ar}v_i^2} = \frac{c_{pe}\rho_{pe}v_t^2}{c_{ar}\rho_{ar}v_i^2} \quad 4.14$$

Substituindo a equação da velocidade de onda transmitida, equação 4.4, na razão de fluxos da equação 4.14, obtém.

$$R = \frac{c_{pe}\rho_{pe}}{c_{ar}\rho_{ar}} \left(\frac{2c_{ar}\rho_{ar}}{c_{ar}\rho_{ar} + c_{pe}\rho_{pe}} \right)^2 = \frac{4c_{ar}\rho_{ar}c_{pe}\rho_{pe}}{(c_{ar}\rho_{ar} + c_{pe}\rho_{pe})^2} \quad 4.15$$

Como se queria demonstrar na equação 4.15 representa a fração de fluxo de energia que atravessa a perilinfa pelo fluxo de energia que emerge do ar. Com boa aproximação pode se considerar que a densidade e a velocidade do som da perilinfa é a mesma para a água, desta maneira:

$$\begin{aligned} \rho_{ar} &= 1,205 \text{ kg/m}^3; c_{ar} = 343,2 \text{ m/s.} \\ \rho_{H_2O} &= 1000 \text{ kg/m}^3; c_{H_2O} = 1485 \text{ m/s.} \end{aligned} \quad 4.16$$

Ao resolver a equação 4.15 com as condições da equação 4.16 se obtém,

$$R = 1,1 \times 10^{-3} \quad 4.17$$

O valor obtido da razão da fração indica dizer que o fluxo da densidade de energia da onda sonora transmitida na perilinfa é menor cerca de mil vezes do que no ar. Desta maneira cerca de 0,1% do que das ondas que se propaga no ouvido médio são transmitidas para o ouvido interno, entretanto, não foi considerado que dentro do ouvido médio acontece efeitos de amplificação, isso é devido fortemente a geometria da que está entre o ouvido médio e o interno, que no início fora considerado com uma simples membrana de transmissão.

A amplificação possui duas componentes, a força de amplificação e a pressão de amplificação, que atuam em conjunto e se somam para elevar essa razão de transmissão do ouvido médio para o interno.

a) A força de amplificação do ouvido médio.

A força de amplificação é devido em sua totalidade a estrutura mecânica do ouvido médio, semelhantemente a um sistema de alavancas entre o martelo, bigorna e o estribo. A bigorna e o estribo estão conectados na janela oval da cóclea, conectados na extremidade de cima do martelo. Na extremidade de baixo do martelo está conectado o tímpano.

O martelo está no ponto de rotação indicado por três linhas na vertical, deste modo o martelo é um sistema de alavancas no qual o tímpano exerce uma força F_1 e como resposta a bigorna exerce uma força F_2 no martelo, cuja distâncias respectivamente são r_1 e r_2 do eixo de rotação.

Nessa configuração o martelo está em equilíbrio mecânico, de tal sorte que o sistema é unidimensional, se pode resgatar facilmente o conceito de torque em alavancas, cuja conservação é dada por

$$\sum_i \tau = r_1 F_1 - r_2 F_2 = 0 \quad 4.18$$

sendo r_1 e r_2 as alavancas e F_1 e F_2 as forças exercidas sobre elas. Ao resolver a equação acima se obtém,

$$F_2 = \frac{r_1}{r_2} F_1 \quad 4.19$$

O ponto de rotação do martelo se considera um pouco acima do centro de massa, de tal forma que se considera $r_1 = 1.5 r_2$. Substituindo esse valor na equação 4.19 é possível obter

$$F_2 = 1.5 F_1 \quad 4.20$$

Portanto ao substituir essa consideração do comprimento da alavanca do martelo, a força de amplificação é responsável pelo acréscimo em 50% do que chega ao ouvido médio até atingir a janela oval no ouvido interno.

b) A pressão de amplificação do ouvido médio.

A pressão de amplificação é o resultado da diferença de área do tímpano e da janela oval. A pressão no tímpano é numericamente igual à força exercida pela coluna de ar dividida pela área da seção de corte do tímpano, e para a janela oval o cálculo é semelhante.

A pressão sentida na janela oval é dada pela equação abaixo

$$p_{oval} = \frac{F_{oval}}{A_{oval}} \quad 4.21$$

Observe que na equação acima o valor da força sentido na janela oval, que foi calculado nos parágrafos anteriores, é aproximadamente de 1,5 vezes a força que atinge o tímpano, reescrevendo a equação 4.21 se obtém

$$p_{oval} = 1,5 \frac{F_{timpano}}{A_{oval}} \quad 4.22$$

Reescrevendo a força sentida no tímpano, se pode encontrar uma razão entre a pressão sentida na janela oval pela pressão sentida pelo tímpano, dado por

$$\frac{p_{oval}}{p_{timpano}} = 1,5 \frac{A_{timpano}}{A_{oval}} \quad 4.23$$

Em termos fisiológicos a área do tímpano é cerca, em média, de 65 mm² e o valor de 3.2 mm² para a janela oval. Deste modelo substituindo esses valores da pressão de amplificação é possível verificar um acréscimo na ordem de 30 vezes da força sentida pelo tímpano na janela oval.

Atividades de avaliação



1. Perceba fenômenos físicos que estão nos sentidos da visão e da audição do ser humano.
2. Quais ângulos podem ser captados pela visão humana?
3. Quais frequências sonoras podem ser detectadas pelo ouvido humano? O que difere os humanos de morcegos quanto a audição?
4. Esquematize os traçados de raios de luz em um olho normal.
5. O que significa o ser humano possuir a deficiência miopia? Qual implicação física ocorre esta deficiência? Que tipo de lente pode corrigir este problema de visão?
6. Esquematize os traçados de raios de luz de uma pessoa que possui a deficiência miopia: (a) sem uso de lentes corretoras e (b) com o uso de lentes corretoras.
7. O que significa o ser humano possuir a deficiência astigmatismo? Qual implicação física ocorre esta deficiência? Que tipo de lente pode corrigir este problema de visão?
8. Esquematize os traçados de raios de luz de uma pessoa que possui a deficiência astigmatismo: (a) sem uso de lentes corretoras e (b) com o uso de lentes corretoras.
9. Partindo da equação,
$$R = \frac{4c_{ar}\rho_{ar}c_{pe}\rho_{pe}}{(c_{ar}\rho_{ar} + c_{pe}\rho_{pe})^2}$$

mostre que o transporte no ouvido externo para o ouvido interno é cerca de mil vezes menor.

10. Partindo da equação 4.21, mostre que há intensificação de pressão e força no ouvido médio.

Sistema circulatório

1. Introdução

O sistema circulatório tem uma função de comunicar a matéria e energia entre as diversas partes do corpo humano. Esse sistema é semelhante a uma rede de tubulações flexíveis com uma variabilidade de secções de área. Tubulações estas que iniciam de uma maior área de secção, caso da aorta, até a menor que é o caso dos capilares.

Esse sistema hidráulico como qualquer outro sistema simples, deverá possuir uma bomba, tubulações, fluido e um sistema de controle para que o mesmo não rompa devido a variabilidade de tubulações presentes.

E todos esses aspectos citados na máquina hidráulica estão presentes no corpo humano, o papel da bomba é exercido pelo coração, e as tubulações pelos vasos sanguíneos; formando assim, uma rede contínua que se comunica com o coração, o papel do fluido realizado pelo sangue; composto por células e por líquido, e por último um sistema de controle; que é autônomo, entretanto ligado ao sistema nervoso central.

Não seria espantoso perceber que os processos vinculados ao sistema circulatório estarem intimamente conectados as leis básicas da física.

2. Fluidos no corpo humano

No sistema cardiovascular o coração bombeia o sangue a partir do ventrículo esquerdo para artérias e depois o grande sistema cardiovascular (sistêmico). As artérias escoam o sangue para os capilares, no qual suprem todos os órgãos com oxigênio. A partir dos órgãos o sangue retorna ao coração pelo ventrículo direito através das veias, do ventrículo direito este é bombeado para o sistema cardiovascular menor para o pulmão. Depois de realizada a troca do gás carbônico pelo oxigênio o sangue retorna para o coração pelo ventrículo direito.

Além do transporte do oxigênio e de suprimentos para os órgãos, o sangue tem outra prioridade dada pelos rins, no qual detém cerca de 20 ~ 25 % do sangue mesmo ele apenas contribuir com apenas ~ 0,5% da massa do corpo humano. Essa preferência de armazenamento é devido à função de filtração dos rins.

Fornecimento para os músculos do esqueleto e o trato gastrointestinal com o fígado pode variar significativamente como função da demanda. Entretanto fisicamente ativo, para mais de 2/3 de fluxo sanguíneo é distribuído para os músculos do esqueleto. Enquanto ocorre a digestão, semelhantemente uma fração elevada de fluxo sanguíneo é direcionada para o trato gastrointestinal.

Os pulmões recebem o sangue através do sistema cardiovascular menor para arterializar (como por exemplo, adicionar oxigênio), e através do sistema cardiovascular maior os pulmões provêm uma camada de oxigênio, ambos entram juntos no pulmão embora retornando pela veia pulmonar.

O volume total do sangue é aproximadamente 5 litros, podendo variar para cada ser humano, cerca de 7% do volume total do corpo humano. Em todo o tempo cerca de 80% do sangue está nas veias, no ventrículo direito e no sistema cardiovascular inferior. Esta parte do sistema cardiovascular é chamada de sistema de baixa pressão, semelhantemente o sangue tem pressão de 2 kPa. Note que toda a pressão do sangue é dada em relação à pressão atmosférica. Por exemplo, a pressão média nas veias é de 2 kPa acima da pressão atmosférica, no qual é tipicamente 101,3 kPa. O principal propósito do sistema de baixa pressão é armazenar o sangue. Esta parte do sistema pode armazenar cerca de 98% do sangue do corpo humano.

As artérias e capilares nos órgãos são chamados de sistemas de alta pressão. A pressão sanguínea nesse sistema pode variar entre 10,7 kPa e 16,0 kPa. O principal propósito do sistema de alta pressão é fornecer oxigênio aos órgãos. Semelhantemente isso envolve enviar sangue através dos minúsculos capilares, esta parte do sistema representa também mais de 90% da resistência do fluxo.

2.1. Fluidos estacionários

Nessa seção, será realizado um tratamento simplificado acerca dos fluidos, tomando o comportamento dos fluidos ideais e para o sangue quando for tratado a densidade, $\ell = 1,04 \text{ g/cm}^3$ no qual este excede a densidade da água somente 5 – 6%.

O estudo dos fluidos requer um tratamento complexo, entretanto esse material será abordado alguns princípios introdutórios acerca da estática e muito pouco da dinâmica dos fluidos. Como ponto de partida resgatando a conceitualização acerca da estática dos fluidos um fluido estacionário é aquele que está em equilíbrio, ou seja em repouso num dado referencial.

Para simplificar o tratamento matemático do modelo de equações descritas nesse capítulo, serão introduzidas algumas considerações, dadas a seguir:

- O fluido é incompressível: Isso indica dizer que a densidade do fluido e o volume se mantêm constantes, mesmo não dependendo da pressão. Esta é uma boa aproximação para líquidos ao nível do mar, entretanto não bem aplicáveis aos gases.
- O fluido é deformável sobre a influência de forças e resposta a equilíbrios mecânicos. Somente depois do equilíbrio mecânico atingir seu equilíbrio, se pode dizer que o fluido está num estado estacionário.

2.2. Pressão num fluido estacionário

Como ilustra a Figura 10, um pequeno elemento de água está em repouso num recipiente com água também. A caracterização desse incremento de água em repouso se dá através do balanço de forças na vertical

$$\sum_i F = F_i + F_s + w = 0 \quad 5.1$$

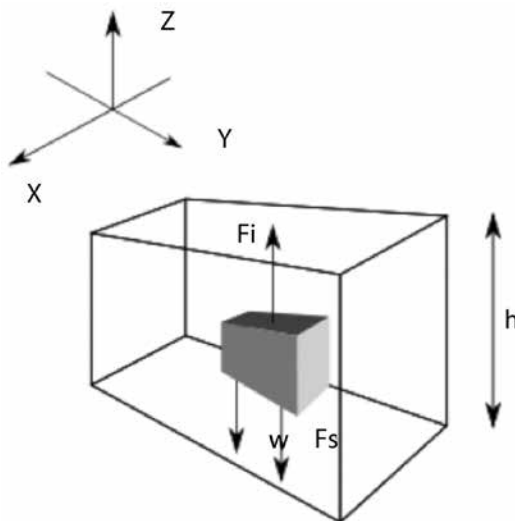


Figura 10 – Balanço de forças num incremento de volume de água em repouso num recipiente.

Como se pode perceber três forças atuam sobre o incremento de volume de água, sendo estas: A força peso, provocada pelo produto da massa do incremento de água pela aceleração da gravidade, a empuxo provocado pela camada inferior sob o incremento de água e a força peso da camada superior de água sobre o incremento de volume.

Reescrevendo a equação 5.1 em termos de elementos conhecidos temos

$$pA - (p + \Delta p)A - \rho g A \Delta z = 0 \quad 5.2$$

sendo p a pressão, A a área do incremento de volume, ρ a densidade e g a aceleração da gravidade. Resolvendo a equação 5.2 temos, e dividindo todos os membros pela área temos

$$dp = -\rho g dz. \quad 5.3$$

A equação 5.3 aplicada em qualquer variação de altitude, lembrando que a densidade se mantém constante. Deste modo integrando a equação 5.3 e definindo os limites da integração temos que

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = -\rho g \int_{z_1}^{z_2} dz, \quad 5.4$$

em seguida,

$$p_2 = p_1 - \rho g (z_2 - z_1). \quad 5.5$$

Agora, retomando a visualização da Figura 5.1, e considerando que o incremento de água seja toda a caixa de água, desta maneira a pressão acima da caixa de água (p_1) será a pressão atmosférica, aproximadamente $1,013 \times 10^5$ Pa no nível do mar, e o nível vertical (z_1) como a medida (h) acima da caixa, e (z^2) sendo o nível zero, do mar.

Desta maneira podemos reescrever a equação da pressão pela profundidade

$$p(z) = p_{\text{atmos}} + \rho gh \quad 5.6$$

Como era de se esperar, na medida em que um observador aumenta sua profundidade dentro do recipiente de água, maior será a pressão exercida da água sobre o observador.

Entretanto a equação não é bem aplicada a fluídos compressíveis, como por exemplo, é o caso do ar atmosférico, pois na medida em que se eleva na atmosfera a densidade diminui monotonicamente juntamente com a variável da pressão. Portanto o princípio de Pascal é bem aplicado aos fluídos incompressíveis.

A lei de Pascal, como se pode ver na equação 5.6, é apenas dependente da variável vertical (caso a área do corte transversal seja de mesmo valor), ou seja, no caso de tubos comunicantes, quando a água, por exemplo, estiver contido nesses tubos todos indicarão a mesma altitude. Entretanto para tubos com cortes transversais muito pequenos o valor da altitude será bem maior que de cortes transversais maiores.

Os dados de pressão sanguínea são medidos geralmente em mmHg, milímetros de mercúrio, como por exemplo uma pessoa saudável tem sua medida de pressão dada geralmente por 120/80 mmHg.

Exemplo: Determine a pressão que um observador percebe quando estiver 10 metros abaixo da superfície do mar.

Solução: A densidade da água do mar é dada por $\rho = 1,024 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, usando o valor da aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e a pressão atmosférica de $P_{\text{atmos}} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$, temos que:

$$p(10) = 1 \times 10^5 + 1,024 \times 10^3 \times 9,8 \times 10 = 2,004 \times 10^5 \text{ Pa}$$

A partir do resultado desse exemplo é possível perceber que abaixo de 10 metros da superfície de água abaixo do nível do mar, o corpo humano tem a sensação de duas vezes o valor da pressão atmosférica ao nível do mar.

No caso da atmosfera a equação 5.3 deve ser trabalhada de maneira relativamente diferente, pois nesse caso, a densidade do ar depende da pressão, ou seja, na medida em que se aumenta a altitude menor serão as variáveis pressão e densidade.

Dessa forma a densidade pode ser proporcionalmente tratada como

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\rho}{\rho_0}, \quad 5.7$$

reescrevendo a equação acima se obtém,

$$\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0}, \quad 5.8$$

substituindo a equação acima na equação 5.8 se tem

$$dp = -\rho_0 \frac{p}{p_0} g dz \quad 5.9$$

Resolvendo a equação diferencial acima se obtém a equação psicométrica, equação que relaciona a pressão atmosférica como função da posição vertical, para ilustrar o comportamento dessa equação observe a Figura 5.2

$$p = p_0 e^{\left(\frac{-g\rho_0 z}{p_0}\right)} \quad 5.5$$

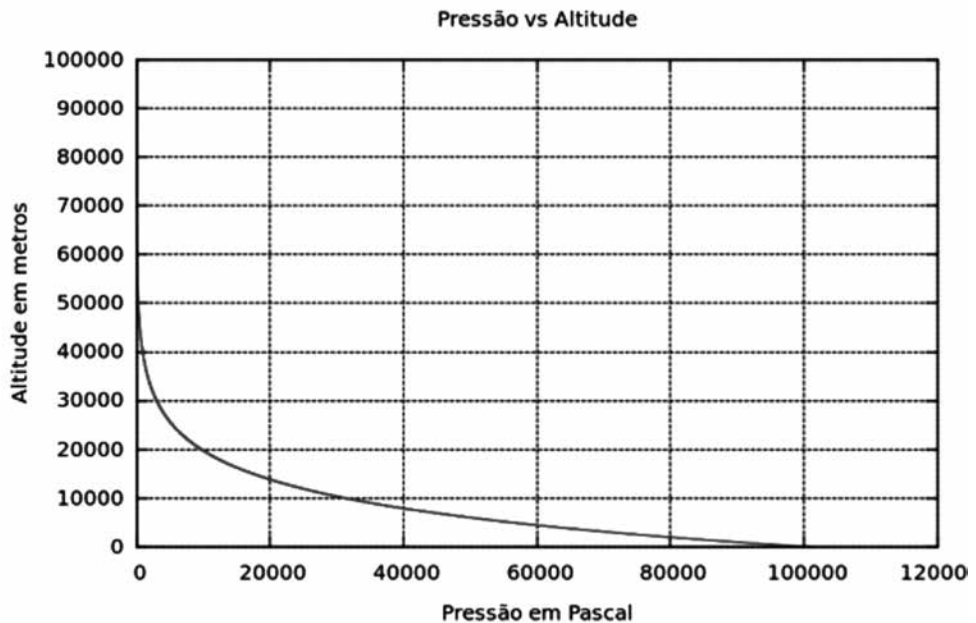


Figura 11 – Representação da pressão (eixo x) versus a altitude (eixo y) da pressão em função da altitude.

2.3 Efeitos da postura na pressão sanguínea

Como se comentou no início dessa unidade o coração exerce um papel de bomba realizando pressão a fim de que o sangue possa percorrer as veias e artérias do corpo humano. O coração do homem pode exercer uma pressão de cerca de 120 mmHg no sangue durante a contração (sístole) e de cerca de 80 mmHg durante a contração (diástole).

Devido à contração dos músculos cardíacos, o sangue sai do ventrículo esquerdo, passa pela aorta e pelas artérias, seguindo em direção aos capilares. Dos capilares venosos o sangue segue para as veias e chega ao átrio direito com uma pressão quase nula. Em média, a diferença máxima entre as pressões arterial e venosa é da ordem de 100 mmHg.

Como a densidade do sangue, $\rho = 1,04 \cdot 10^3 \text{ g/cm}^3$, é quase o mesmo valor da água, a diferença de pressão hidrostática entre a cabeça e os pés numa pessoa de 1,80 m de altura é cerca de 180 cmH₂O. A Figura 12 mostra as pressões arterial e venosas médias (em cm de água), para uma pessoa de 1,80 metros de altura, em vários níveis em relação ao coração. Uma pessoa deitada possui uma distribuição de pressão hidrostática praticamente constante em todos os pontos e igual a do coração. Se um nanômetro aberto contendo mercúrio fosse utilizado para mediar as pressões arteriais em vários pontos do indivíduo deitado, a altura da coluna de mercúrio seria de aproximadamente 100 mm, ou seja, 136 cmH₂O.

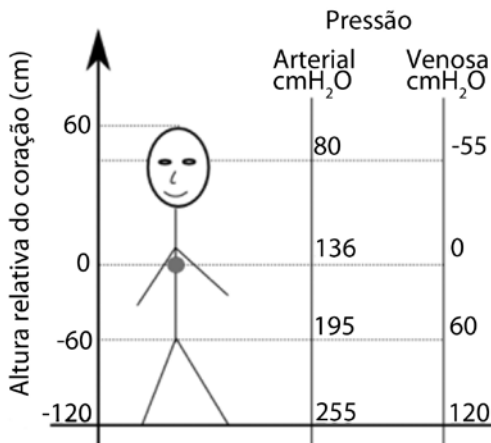


Figura 12 – Pressões médias nas artérias e veias principais em várias posições em relação ao nível do coração de uma pessoa com 1,80 m de altura.

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

As pressões arteriais em todas as partes do corpo de uma pessoa deitada são aproximadamente iguais à pressão arterial do coração. Quando uma pessoa está sentada, ou em pé, devido a elevação da cabeça em relação a do coração, a pressão arterial é mais baixa na cabeça, dada por

$$p(\text{cabeça})_a = p(\text{coração})_a + \rho_a gh \quad 5.11$$

onde (ρ_a) é a densidade do sangue e h a diferença de nível entre a cabeça e o centro do coração.

Assim, quando uma pessoa deitada se levantar rapidamente, a queda de pressão arterial da cabeça será de $\rho_a gh$. o que implicará uma diminuição do fluxo sanguíneo no cérebro. Como o fluxo deve ser contínuo e como o ajuste do fluxo pelas artérias não é instantâneo, dependendo da rapidez com que a pessoa se levante, poderá provocar tonturas, quanto mais intensas a rapidez se pode provocar desmaios.

2.4 Efeitos da altitude

Ao subir uma montanha, uma pessoa pode sentir uma série de distúrbios, que se tornam mais acentuados a partir dos 3000 metros de altitude. Os sintomas mais comuns são dificuldade de respirar, taquicardia com frequências cardíaca superiores a 100/min, mal estar generalizado, dores de cabeça, náusea, vômito, insônia etc. Esses efeitos se devem essencialmente à diminuição da pressão atmosférica, que conseqüentemente acompanha a diminuição da densidade do ar.

Aos 5000 metros de altitude a pressão atmosférica é cerca da metade da que é observada ao nível do mar. Como a atmosfera não é completamente composta por O₂, utilizando as noções de pressões parciais, a pressão parcial de oxigênio nesse nível também cai pela metade. Esse efeito é chamado de *hipoxia*, isto é, baixo fornecimento de oxigênio.

A seguir segue uma tabela que demonstra as possíveis conseqüências, ou mudanças funcionais no ser humano, na medida em que se aumenta a altitude.

Tabela 5.1

Sintomas sentido pelo corpo humano quando posto em variação da altitude.	
Nível (metros)	Sintomas
$H < 3000$	Não existem efeitos detectáveis no desempenho da respiração, e o ritmo cardíaco, em geral, não se altera.
$3000 < H < 4600$	Região de “hipoxia compensada” em que aparece um pequeno aumento nos ritmos cardíaco e respiratório, e uma pequena perda de eficiência na execução de tarefas complexas.
$4600 < H < 6100$	Mudanças dramáticas começam ocorrer. As frequências respiratórias e cardíaca aumentam drasticamente; podendo aparecer a perda do julgamento crítico e controle muscular, e também entorpecimento dos sentidos. Estados emocionais podem variar desde a letargia até grandes excitações com euforia ou mesmo alucinações. Esse é o estado de “hipoxia manifesta”.
$6100 < H < 7600$	Essa é a região de “hipoxia crítica”. Os sintomas são perda rápida do controle neuromuscular, da consciência seguida de parada respiratória, e finalmente a morte.

Fonte: Okuno, Caldas e Chow (1982)

Atividades de avaliação



1. A que sistema físico pode ser comparado o sistema circulatório humano? Com quê poderiam ser comparadas as artérias e veias?
2. Liste características de um fluido estacionário. O sistema circulatório pode ser comparado a este tipo de fluido?
3. Quais unidades de pressão podem existir além de Pascal (Pa)?
4. O que significa turbulência em fluídos?
5. Partindo da equação,

$$dp = -\rho g dz.$$

Demonstre a equação psicométrica de pressão com a altitude.

6. A equação psicométrica relaciona a altitude com a pressão. Elabore um gráfico da curva de pressão com a altitude e cite porque a pressão, rapidamente, decai com o aumento da altitude.

Referências



- ALLMANG, M. Z. **Physics for the Life Science**. Flórida: Harcourt, 2001.
- HENEINE, I. F. **Biofísica Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1984.
- OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**, São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

PARTE

3

Ciência, tecnologia e sociedade

A ciência, a tecnologia e a sociedade

Objetivos

- Introduzir conceitos básicos sobre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade.
- Perceber que a sociedade também é um agente modificador da Ciência e da Tecnologia.
- Introduzir aspectos gerais dos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).
- Relacionar esses estudos e sua aplicabilidade na sala de aula para alunos de nível médio.

1. A Ciência

A etimologia da palavra ciência vem do latim *scientia* (conhecimento), o mesmo do verbo *scire* (saber) que designa a origem da faculdade mental do conhecimento.

A ciência é o esforço para descobrir e aumentar o conhecimento humano e como o universo funciona. A ciência é o conhecimento ou um sistema de conhecimentos que abarca verdades gerais ou a operação de leis gerais especialmente obtidas e testadas através do método científico.

Nesse capítulo o conceito de ciência não será abordado com profundidade como em um curso específico, apenas alguns aspectos relevantes serão tratados no enfoque da evolução do pensar científico, especificamente no caso da Física.

1.1. A Ciência e a filosofia gregas

A Grécia é um dos prováveis berços do nascimento da ciência, por meio da necessidade de se achar respostas para questionamentos humanos, perguntas como “o que existe lá fora?”, “de que o mundo é feito?”, “qual o segredo da vida”, “como chegamos aqui?”. No período que inicia, aproxima-

damente, do século VI a.C até o começo da era cristã, o mundo contemplou, na Grécia antiga uma das mais importantes revoluções culturais vistas na história do saber humano como também o nascimento da ciência através dos pré-socráticos.

A partir do século IX a.C a antiga mitologia dos poetas Hesíodo e Homero, em que apresentavam vários deuses com suas “responsabilidades” e “habilidades”, começa a ser substituída pela visão filosófica que pode ser considerada a precursora da ciência como hoje se entende. Uma das mais notórias culturas que se destacaram no desenvolvimento do pensar foi à cultura grega, que levam destaque são Pitágoras e suas obras da harmonia do universo, Parmênides, Zenon, Heráclito até o apogeu do pensamento Grego, no qual a comunidade científica atual considera sendo Aristóteles.

Nessa época os pré-socráticos, ou em outras palavras, os filósofos naturais, percebiam a necessidade de respostas que iam além das respostas dadas pelos mitos e dogmas e aos poucos eles acreditavam que as respostas deveriam ser estabelecidas por meio do ceticismo.

Embora a cultura Grega receba o destaque elevado, também nessa época a China desenvolveu grandes escolas filosóficas, como o taoísmo e o pensamento *yang*.

1.2. A revolução copernicana e a nova ciência

Nikolaj Koppernigk, comumente conhecido como Nicolaus Copernicus, nasceu em 19 de fevereiro de 1473 em Thorn (Thora) na Polônia.

Antes das descobertas de Nicolaus sobre o movimento da Terra e do Sol, o sistema geocêntrico ptolomaico/aristotélico era bem aceito pela a sociedade e pela igreja. No qual o planeta Terra estava no centro do Universo e os planetas e o Sol descreviam movimentos circulares com vários epiciclos e equantes associados às órbitas dos planetas.

Copérnico estava insatisfeito com essa percepção acerca do movimento dos planetas do sistema atual do Ptolomeu e Aristóteles. Dessa forma propôs ele um sistema no qual o Sol estava no centro do Universo e os planetas, incluindo a Terra, giravam em órbitas excêntricas em torno do Sol.

Portanto, Copérnico publicou seu grande trabalho *Das Revoluções dos Corpos Celestes*, entretanto para impor sua visão heliocêntrica Copérnico precisaria mostrar não só que a sua nova teoria era útil e adequada, bem mais, mostrar que as leis da Física somente são compatíveis com essa teoria.

De modo geral era uma tarefa árdua para Copérnico introduzir seu trabalho, pois, na época a questão de entender o Universo era trabalho de filósofos naturais e, além disso, tinha Ele o dever de introduzir novas definições para a antiga mecânica aristotélica e introduzir novas teorias que ainda não eram conhecidas, como por exemplo, a teoria da gravitação universal por Isaac Newton e o princípio da inércia por Galileu Galilei.

A revolução Copernicana e consistiu na tentativa de mudar o paradigma da Terra como centro do Universo, que no qual estava em conforme com a Religião, de tal sorte que a Terra estaria em órbita com os demais planetas sem nenhum destaque. Portanto isso traria profundas repercussões na visão do homem, de si mesmo, e de seu lugar na criação.

1.3. O método científico de Galileu

Galileu Galilei nasceu em Piza em 1564, mesmo ano de morte de Michelangelo e nascimento de Shakespeare. Galileu é considerado por muito como pai da ciência moderna no que se refere ao método experimental na busca pela compreensão da natureza.

Galileu após ser expulso para Pádua (local menos conservador) onde lecionava aulas Matemática. Inicia seus estudos astronômicos defendendo bravamente a teoria Copernicana do modelo heliocêntrico, que no qual lhe rendeu muitos inimigos como também sua fama imortal.

No livro *Ensaíador*, Galileu lança os fundamentos do moderno método científico com a seguinte estrutura,

- Definição de um problema com auxílio de experiências preliminares, por meio de hipóteses, ao excluir de antemão hipóteses contrárias à observação.
- Construção de uma teoria para prever os fatos observados, no qual todas as hipóteses, além de compatíveis com a observação, devem formar um sistema lógico e auto-consistente.
- Variação gradual, e mais ampla possível, de um ou mais parâmetros da experiência, gerando um modelo, para a formulação da lei.
- Teste da teoria (lei) confrontada com novos dados da experiência: caso a teoria se revele verdadeira é mantida e, em caso contrário, é modificada, retornando para o passo b.

2. A tecnologia

Tecnologia é a construção, uso e conhecimento de ferramentas, mecanismos, técnicas, sistemas ou métodos de organização em ordem para resolver problemas ou o uso de uma função específica. Também esse termo pode ser usado para uma coleção de ferramentas, mecanismos e procedimentos.

A palavra tecnologia tem origem do Grego *τεχνολογια* (tecnologia); vem de *τεχνη* (*téchne*), significa “arte, habilidade, engenho”, e *-λογία* (*-logía*), significa “estudo do”. O termo também pode ser aplicado em geral ou para áreas específicas, como por exemplo, tecnologia da construção, tecnologia médica, e tecnologia da informação.

A Tecnologia afeta significativamente o homem como também as espécies animais pela capacidade de controlar e adaptar eles na natureza. A espécie humana usa a tecnologia seguida da conversão de fontes naturais em simples ferramentas. A descoberta pré-histórica da capacidade para controlar o fogo cresceu e a disponibilidade de alimento e a invenção da roda ajudou os humanos nas viagens e no controle do ambiente deles.

Recentes desenvolvimentos tecnológicos incluindo a impressão, o telefone, a internet tem ultrapassado barreiras físicas para a comunicação de tal forma a permitir que os humanos interajam entre si numa escala global. Entretanto a mesma tecnologia que serve a humanidade para facilitar a vida e os processos de consumo também serve para a indústria bélica e de armas nucleares.

A Tecnologia tem afetado a sociedade e se propagando em várias formas. Em muitas sociedades a tecnologia tem ajudado no desenvolvimento do avanço da economia. Muitos processos tecnológicos produzem produtos não desejados, conhecido como poluição, que degrada o ambiente, em detrimento da Terra e do ambiente.

2.1. Ciência, engenharia e tecnologia

A distinção entre ciência, engenharia e tecnologia não é totalmente clara. Ciência é a busca pela compreensão ou o estudo de um fenômeno, indicando na descoberta princípios ao longo de seus elementos pelo uso de técnicas, na qual a mais aceita é o método científico. Embora que na ciência se use da tecnologia, este por sua vez, não é um produto exclusivamente da ciência.

Engenharia é um processo de objetivo orientado de executar ferramentas e sistema para explorar fenômenos naturais para a prática do entendimento humano, frequentemente usando resultados e técnicas da ciência.

Tecnologia é frequentemente consequência da ciência e engenharia, entretanto tecnologia como a atividade humana precedem esses dois campos, como por exemplo, a ciência realizando estudos dos fluxos de elétrons em condutores elétricos, pelo uso de ferramentas e técnicas existentes. Os novos achados podem ser usados pela engenharia para criar novas ferramentas e mecanismos, semelhantemente como os semicondutores, computadores, e outras formas de tecnologia avançada.

3. A sociedade

Na sociologia, uma sociedade (do latim: *societas* significa “associação amistosa com os outros”) é o conjunto de pessoas que compartilham propósitos, gostos, preocupações e costumes, e que interagem entre si constituindo uma sociedade.

A sociedade é um grupo de indivíduos que formam um sistema semia-berto, podendo ser um grupo que tenham hábitos parecidos, ou tenham o mesmo propósito de vida, ou sobrevivência, ou que partilhem das mesmas idéias e até técnicas. O significado geral da sociedade se refere simplesmente a um grupo de pessoas vivendo juntas numa comunidade organizada.

Desta forma sociedade as pessoas compartilham de interesses ou preocupações mútuas sobre um objetivo comum. Como tal, sociedade é utilizada muitas vezes como sinônima para o coletivo de cidadãos de um país governado por instituições nacionais que lidam com o bem-estar cívico.

Portanto, alguns grupos aplicam o termo “sociedade” a eles mesmos, como por exemplo, “Sociedade Brasileira de Física”, “Sociedade Brasileira de Meteorologia”, etc.

Atividades de avaliação



1. Defina o conceito de Ciência.
2. Descreva a importância do desenvolvimento Científico à sociedade atual.
3. Descreva e esquematize o método científico de Galileu.
4. Defina o conceito de Tecnologia.
5. Descreva a importância do desenvolvimento Tecnológico à sociedade atual.
6. A ciência pode evoluir sem tecnologia? Justifique sua resposta.
7. O invento de instrumentos tecnológicos pode se desenvolver na ausência de ciência? Justifique sua resposta.
8. Defina conceito de Sociedade. Pesquise em outras fontes, e verifique se há uma pluralidade de conceitos e de sociedades.
9. Elabore uma argumentação, em defesa ou contraposição da interdependência entre os conceitos de Ciência, Tecnologia e Sociedade. Existem elementos que algum destes ramos podem se desenvolver sem a ligação do outro? Justifique sua resposta.

Referências



AULETE, C.. **Minidicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa**, 2ed, Rio de Janeiro: Lexikom, 960p, 2009.

MERRIAM-WEBSTER, **Technology** - Definition and More from the Free Merriam-Webster Dictionary, URL <<http://mw1.merriam-webster.com/dictionary/tecnology>>, Acessado em 04/01/2011.

ROCHA, J. F.; PONZEC, J. L.; PINHO, S. T. R.; ANDRADE, R. F. S.; JÚNIOR, O. F.; FILHO, A. R. **Origens e evolução das ideias da Física**, Salvador: EDUFPA, 374p, 2002.

O movimento CTS

1. Introdução

No capítulo anterior foi discutido, introdutoriamente, os conceitos desconectados de Ciência, Tecnologia e Sociedade. Há uma predominante relação entre esses pilares do saber.

Não há como se construir sociedade, sem uso de instrumentos tecnológicos, não há de se usar instrumentos tecnológicos se não há conhecimento (saber científico) e tudo isso, deve se desenvolver com uma visão de desenvolvimento responsável.

O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade, conhecido por CTS, iniciou-se a partir do ano de 1970, com a conscientização sobre a crise ambiental com base em um crescimento entre Ciência e Tecnologia (C & T) e, na década seguinte, foi firmada como tendência curricular na educação de Ciências.

Neste capítulo, serão apresentados conceitos introdutórios sobre o movimento CTS: elementos básicos de sua construção histórica, a partir de seu surgimento; objetivos do movimento CTS e seus fundamentos ao desenvolvimento do ser.

2. Um pouco de história

A partir de meados do século XX, principalmente em países capitalistas, foi observado que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não era proporcional ao desenvolvimento observado do bem-estar social.

Nas décadas de 1960 e 1970, o desenvolvimento esteve firmado sobre uma intensa degradação ambiental (extração mineral descontrolada, uso e má conservação de fontes naturais, etc.). Bem como, naquela época, houve um intenso desenvolvimento e uso de tecnologias à guerra, por exemplo, fabricação de bombas e armas letais, bombas de destruição em massa, etc., eventos dessa natureza, despertou a sociedade (parte dela) da importância de preservar e usar adequadamente fontes naturais e de estimular formas sustentáveis em usar a ciência e a tecnologia (C & T) para manutenção desses recursos.

O desenvolvimento filosófico do movimento CTS se dá num clima de crise gerada pela guerra do Vietnã, guerra fria, eminência de catástrofes ambientais e aversão às tecnologias apresentadas a serviço da morte (napalm desfolhante, armas nucleares e armas biológicas) (VON LINSINGEN, 2004).

O início do movimento CTS não é limitado por um trabalho ou um autor apenas, porém, as mais difundidas obras que marcam o início desse movimento são: “A Estrutura das Revoluções Científicas” escrito pelo físico Thomas Kuhn e Silent Spring pela bióloga Rachel Carsons, ambas foram escritas em 1962 e potencializaram as discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Àquela época, no campo do pensamento humano, também se pode destacar o nascimento de movimentos ambientalistas, o surgimento da contracultura, crítica acadêmica ao Positivismo aplicado à filosofia e sociologia da ciência.

Outro aspecto, que também marca o surgimento do movimento CTS, surge da necessidade de questionamentos sobre a gestão da era tecnológica frente a assuntos sociais, políticos e econômicos em oposição à consequências negativas da C & T sobre a sociedade (LÓPES, 1996 apud AULLER e BAZZO, 2001).

Esse movimento reivindicava um redirecionamento na concepção de uso de tecnologias em oposição de que mais C & T iriam resolver problemas de ordem ambiental, social e econômico, além, postulava que existia a necessidade de outras formas de tecnologias, além das convencionais, sugerindo uma participação ativa da sociedade.

No final da década de 70, esses dois aspectos contribuíram para uma mudança de mentalidade, uma transformação na visão sobre C & T. Houve um fenômeno de mudança, em determinadas sociedades, na compreensão do papel da C & T na vida das pessoas. Em vários países, por exemplo, Estados Unidos da América, Inglaterra, Países Baixos e outros do continente Europeu, a mudança cultural proporcionou e “efetivou” uma politização da C & T, que, convergiram para desdobramentos curriculares no ensino superior e secundário.

3. Objetivos do Movimento CTS

Um dos objetivos centrais, do movimento CTS, consiste em posicionar a tomada de decisões em relação à CTS num outro plano, ou seja, que a C & T evoluem com o propósito de colaborar e preservar o meio ambiente, diferente do que foi percebido na década de 70. Com a necessidade de modificações ao pensamento de uso da C & T, reivindicações e decisões se tornaram mais democráticas e menos tecnocráticas.

Saiba mais



Tecnocracia é o modelo de governabilidade funcional, no qual há aplicação das ciências no ciclo de todas as cadeias produtivas garantindo a sustentabilidade da espécie humana (Technocracy-Vancouver, 2013).

Dentro desses objetivos, os estudos do movimento CTS, possuem três trajetórias que norteiam suas ações: no campo de políticas públicas, exercem a defesa da regulamentação social da ciência, ou seja, promove mecanismos para discussões prévias à tomada de decisões sobre questões CTS; na pesquisa, se oferece como uma alternativa às reflexões de CTS e, por último, na educação, que se oferece através da promoção de programas e disciplinas com ênfase em CTS na educação básica e superior.

Essas trajetórias são interligadas em tese por três fundamentos, a fim de que possam convergir ao mesmo senso de uma C & T voltado ao bem-estar da sociedade. Esses fundamentos contemplam a CTS no ponto de vista que haja o desenvolvimento de C & T afirmando valores culturais, políticos e econômicos, sem perder de vista a preservação ao meio ambiente. Um segundo fundamento contempla a transformação de C & T como o principal agente cooperador para transformar a sociedade e de organização institucional com destaque à esfera pública, por fim, o último fundamento é o que afirma que todos compartilham um compromisso democrático básico no uso de C & T e preservação do meio ambiente.

4. Movimento CTS e ensino de Ciências

O movimento CTS não tem sua origem no contexto educacional diretamente, com o decorrer dos anos, através de um processo de reflexão e realizações, argumentou-se que, para a sociedade moderna desenvolver uma consciência de crescimento e preservação do meio ambiente, era necessário entender que a escola era o espaço propício para garantir mudanças em longo prazo.

Como citado, o movimento CTS surgiu em 1970, trazendo em seus fundamentos a necessidade de que o cidadão conheça os direitos e obrigações de cada um, tendo uma visão crítica da sociedade onde vive, especialmente a disposição de transformar a realidade para melhor.

Neste sentido, um agente que pode contribuir nessas mudanças de pensamento da sociedade é a escola, através da educação e conscientização do crescimento da C & T associada ao desenvolvimento social e com responsabilidade ambiental, assim como construir conceitos de ciência aos alunos é uma tarefa importante.

Dessa maneira, na escola, ao invés de crianças e adolescentes pensarem ciência de forma puramente internalista, em outras palavras, de modo que ciência seja percebida e assimilada por si mesmo, mas pensarem ciência de forma externalista, ou seja, que não somente a construção seja por si mesmo, pela própria consciência, mas pela percepção externa de seus elementos reais. Por exemplo, esses elementos reais podem ser fenômenos, efeitos naturais ou artificiais, etc.

Portanto, para que elementos externalistas possam ser compreendidos como ciência, é necessário o uso de instrumentos capazes de chegar a este fim. A interdisciplinaridade é uma das características mais marcantes no ensino com enfoque CTS. Pois, para compreender fenômenos e situações problemas que envolvem C & T, conhecimentos puramente científicos (física, química e biologia) não são suficientes. Assim, aulas, com enfoque CTS, são um desafio para práticas docentes, pois, requerem de alunos, além de conhecimentos específicos de ciência, requerem também, reflexão e criticidade.

Leituras, filmes e sites



Para desenvolver uma cultura crítica sobre o movimento CTS e seu papel no ensino de Ciências, Física ou Química, sugere-se a leitura de artigos científicos, com ênfase em educação, a seguir.

AULER D. e BAZZO W. A., Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Revista Ciência e Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

CASTOLDI, R. BERNARDI, R. POLINARSKI, C.A. Percepção dos Problemas Ambientais por alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v.1, n.1, p.56-80, 2009.

PAULA, A. G. e VIANA D. M., Levitação eletrodinâmica: o ensino de física, baseado no enfoque CTS, na discussão para melhoria da qualidade do nosso ar. **Física na Escola**, v.8, n.1, p.35-39, 2007.

PINHEIRO, N. A. M; MATOS, E. A. S. Á.; BAZZO, W.A., Refletindo acerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade: enfocando o Ensino Médio. **Revista Ibero Americana de Educação**. Nº. 44 (2007), pp. 147-165

Atividades de avaliação



1. Quais situações históricas desencadearam o surgimento do movimento CTS?
2. O que foi o movimento CTS?
3. Quais foram os objetivos do movimento CTS?
4. Faça uma pesquisa e defina os conceitos de consciência, internalismo e externalismo.
5. O movimento CTS surge, inicialmente, direcionado à mudança através da educação? Justifique sua resposta.
6. Quais métodos de ensino podem ser utilizados para o enfoque de CTS no Ensino de Ciências?
7. Sobre a leitura de artigos sugeridos, mostre elementos que tornam importante a abordagem do movimento CTS no ensino de ciências.

Referências



ARAUJO, R.F.; Os Grupos de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade No Brasil, **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v.1, n.1, p.81-97, Julho - 2009.

CASTOLDI, R. BERNARDI, R. POLINARSKI, C.A. Percepção dos Problemas Ambientais por Alunos do Ensino Médio, **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v.1, n.1, p.56-80, 2009.

PINHEIRO, N. A. M; MATOS, E. A. S. Á.; BAZZO, W.A. Refletindo Acerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade: Enfocando o Ensino Médio. *Revista Iberoamericana de Educación*. N.º 44 (2007), pp. 147-165

RAZA, G.; SINGH, S.; SHUKLA, R.; Relative Cultural Distance and Public Understanding of Science. **Science, Technology & Society**, vol.2, p269–287, do [10.1177/097172180901400204](https://doi.org/10.1177/097172180901400204), 2009.

PARTE

4

A ciência física, a tecnologia e a sociedade: contexto atual

Aplicações na Medicina

Objetivos

- Perceber a evolução que a ciência Física no contexto geral de alguns equipamentos na Medicina, Informática e na Cosmologia.
- Perceber que a tecnologia é um pilar no crescimento da ciência Física.
- Perceber que a sociedade também modifica e modificou o conceito atual da cosmologia.

1. Introdução

A Ciência Física está inserida no cotidiano da Medicina, cujo objetivo geral está figurado desde ao diagnóstico de doenças até no tratamento delas através de suas tecnologias.

Como por exemplo, os princípios da ondulatória muito bem empregada através das ondas ultra-sônicas auxiliam as atividades médicas. Como também o uso dos princípios da Física atômica no emprego das técnicas de lasers usadas principalmente para o tratamento de doenças e por último os princípios da Física da matéria condensada no emprego da nanotecnologia.

E no contexto da CTS, a Ciência Física, é moldada através da necessidade e de sua utilização por meio de suas técnicas na sociedade médica.

Nesse capítulo serão apresentadas as principais técnicas da ciência física, sem muitos detalhes, utilizadas no cotidiano da medicina e algumas das suas principais características e funções nesse contexto.

2. Ultrasom

O ultrassom está em uma escala abaixo do som audível ao homem, geralmente entre 20 kHz a 10 GHz. A depender da utilização da técnica se sabe que o princípio básico de funcionamento está na ondulatória.

Para medidas de tamanho de órgãos, cálculo de distâncias, ou seja, considerando observações de elementos que estejam em repouso a técnica se torna simplória, entretanto para alvos que estejam em movimento, de fato o princípio físico base é o efeito Doppler.

2.1. Alvo em repouso

Nesse caso com o alvo em repouso a informação diagnóstica sobre a profundidade das estruturas do corpo pode ser obtida ao enviar um pulso, ou seja, um pacote de ondas estacionárias, de ultrassom através do corpo e medindo o intervalo de tempo entre o instante de emissão do pulso e o de recepção do eco.

Como o pulso viaja duas vezes a mesma distância, sendo a perda por dissipação muito pequena, à distância (ida e volta) entre o transdutor e a interface que produziu o eco num intervalo de tempo a distância pode ser estimada pela equação

$$d = v\Delta t/2 \quad 8.1$$

onde v é a velocidade de propagação do pulso no meio.

Dessa maneira, um pacote de ondas enviado retorna com um determinado intervalo de tempo podendo oferecer a informação de sua distância e a depender da situação o tamanho de um obstáculo.

Basicamente existem três formas de se verificar a formação de imagens na qual são chamadas de varreduras, sendo elas do tipo A, B e M. A varredura do tipo A consiste da captura das distâncias ou tamanhos a partir da amplitude do eco captado pelo transdutor. Para ilustrar segue a Figura 10, na qual apresenta a representação de um ultrassom de um trecho que vai desde a pele até uma estrutura óssea.

Para as estruturas com maior espessura a amplitude tem um alto valor e conseqüentemente para paredes com menor valor de espessura o sinal é menor. Esse tipo de varredura é frequentemente utilizado para o diagnóstico de tumores cerebrais, órgãos, tumores no corpo, se distinguir diferentes tipos de tecido, presença de corpos estranhos e etc.

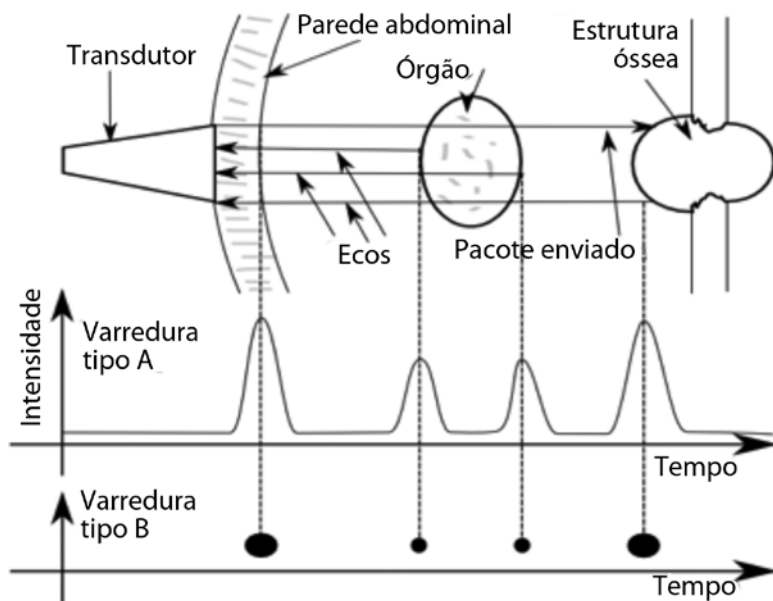


Figura 13 – Formação de imagens ultrassônicas pelas varreduras tipo A e B.

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

A varredura tipo B consiste na visualização dos ecos através de pontos de brilhos, cuja intensidade é regulada pela área do ponto luminoso. Entretanto a forma mais convencional da varredura B consiste na sua captação bidimensional, cujo esquema é mostrado na Figura 14.

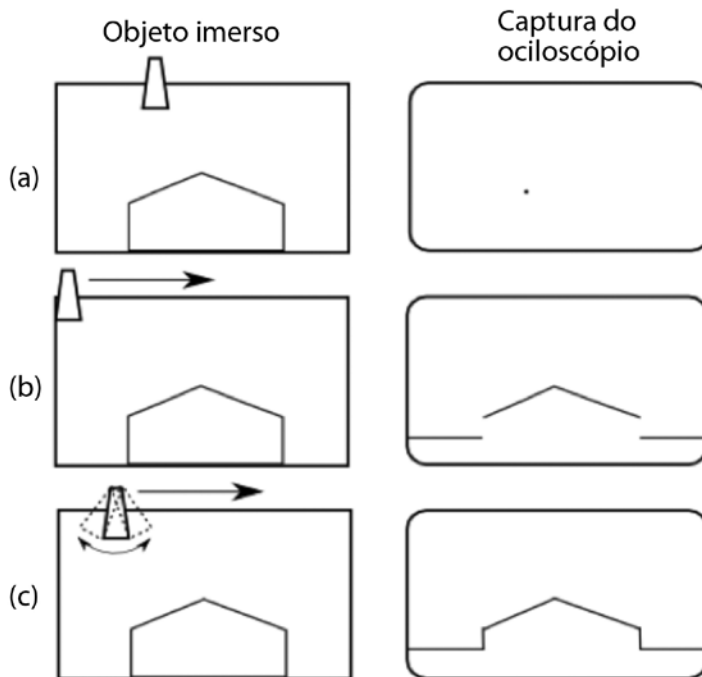


Figura 14 – Esquema de formação da imagem bidimensional através da varredura tipo B. (a) Transdutor estacionário; (b) Transdutor com movimento translacional. (c) Transdutor com movimentos translacional e rotacional.

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

De semelhante forma, por meio da varredura do tipo B, se é capaz de realizar a ultrassonografia no qual se pode visualizar a estrutura interna dos órgãos, do acompanhamento da gestação da mulher no qual o tamanho do feto e sua localização podem ser bem estimados.

2.2. Alvo em movimento

Outra maneira de se analisar estruturas no corpo humano é quando elas estão em movimento que para tal situação se usa o efeito Doppler.

O efeito Doppler consiste na mudança da frequência de propagação da onda sonora quando a fonte ou observador ou ainda ambos estão em movimento, ou em outras palavras.

Em termos práticos um observador quando se aproxima de uma fonte sonora a uma velocidade v perceberá uma aumento da intensidade sonora, som mais agudo; e quando se afasta perceberá uma diminuição dessa intensidade, som mais grave.

No caso da técnica do ultrassom a fonte geralmente está em repouso e a alvo em movimento, como exemplo, o fluxo sanguíneo, as paredes do coração etc. A equação para o efeito Doppler ao considerar a fonte em repouso e o alvo em movimento é dada pela expressão

$$f' = f(1 \pm v_0/v) \quad 8.2$$

onde f' é a frequência recebida pelas células, f é a frequência enviada, v_0 a velocidade emitida pelo transdutor e v a velocidade do alvo que se deseja fazer o diagnóstico.

E para o retorno do sinal a equação do efeito Doppler, tem outra suposição, sendo as células um emissor em movimento e o transdutor um receptor em repouso. Portanto a equação de retorno da frequência é dada pela equação

$$f'' = f'(v/v \pm v_0). \quad 8.3$$

Como um exemplo considere o sangue escoando com uma velocidade v em uma artéria o transdutor do ultrassom envia um pacote de ondas (f) que atinge algumas células do sangue (f') e que desta maneira retornam o sinal do eco (f''), conforme é ilustrado na Figura 15.

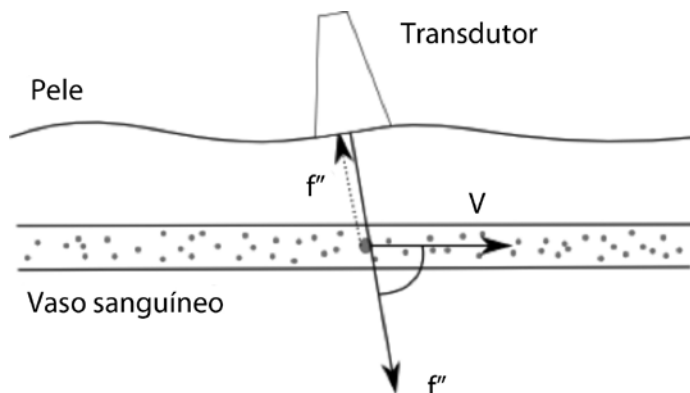


Figura 15 – Esquema para medição da velocidade do fluxo sanguíneo usando o efeito Doppler.

Fonte: Adaptado de Okuno (1982)

De fato a frequência que retorna ao transdutor terá menor intensidade do que quando o pacote enviado atingiu as células, portanto o mecanismo de diagnóstico se baseia na diferença promovida entre o sinal de retorno e de envio.

Portanto, a diferença de sinal, ao considerar o sangue no sentido de movimento como sugerido pela Figura 8.3 pode ser mostrada pela equação a seguir

$$\Delta f = f'' - f' = 2fV \cos \theta / v$$

sendo f o sinal de frequência enviado, θ o ângulo da linha de ação do fluxo sanguíneo entre a linha de ação do transdutor e V a velocidade do ultrassom.

Portanto uma aplicação prática é poder estimar a velocidade do fluxo sanguíneo a fim de detectar alguma obstrução, bloqueios nos vasos e etc.

3. Imagem por ressonância magnética nuclear

A imagem por ressonância magnética, *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* é uma técnica usada na radiologia para visualizar estruturas internas. O MRI usa as propriedades da ressonância magnética nuclear, *Magnetic Nuclear Resonance (MNR)* das imagens de núcleos atômicos dentro do corpo humano.

Um MRI produz um campo magnético de alta intensidade que na qual possibilita a magnetização de alguns núcleos de átomos no corpo humano. A física da RNM, aplicada a formação de imagens, é complexa e abrangente, pois necessitam de assuntos de base como o eletromagnetismo e quântica e também tópicos especiais da física contemporânea como a supercondutividade e processamento digital de imagens.

A MRI é em resumo, o resultado da interação do forte campo magnético produzido pelo o equipamento com os prótons de hidrogênio do tecido humano, no qual cria condições para que possam ser enviados pacotes de pulsos de radio-freqüência que depois de enviados atingem esses prótons e retornam com modificações. Essas diferenças são processadas e codificadas em imagens digitais.

Nessa seção sobre ressonância nuclear magnética não serão tratados em profundidade assuntos específicos de eletromagnetismo, supercondutividade e pontos de quântica, somente alguns aspectos introdutórios acerca dos efeitos na técnica de imagem por ressonância magnética nuclear.

3.1. Ressonância magnética nuclear

O sentido de fato da RMN tem origem na interação entre um átomo e um campo magnético externo; numa linguagem técnica, é um fenômeno em que partículas contendo um momento angular e momento magnético exibe um movimento de precessão quando esta sob a ação de um campo magnético.

Sabe-se que o corpo humano é completamente composto de moléculas de água, que no qual é composta por dois átomos de hidrogênio e oxigênio. Embora se entenda também que o corpo humano também possui átomos de carbono, fósforo, cálcio, flúor, sódio, potássio e nitrogênio.

Embora com essa variedade de elementos do corpo humano o átomo de hidrogênio ganha destaque, pois, além de estar em abundância no corpo humano o próton de hidrogênio possui o maior momento magnético e, portanto, reflete numa maior sensibilidade na RMN.

Quando uma pessoa está sob um intenso campo magnético, por meio da máquina de RMN, em média o momento magnético de muitos prótons se alinham na direção do campo. Esse efeito é devido a uma propriedade específica dos átomos chamada de spin e do seu momento magnético associado. Para ilustração segue abaixo a Figura 16 a representação do spin e a formação do dipolo magnético num próton de hidrogênio.

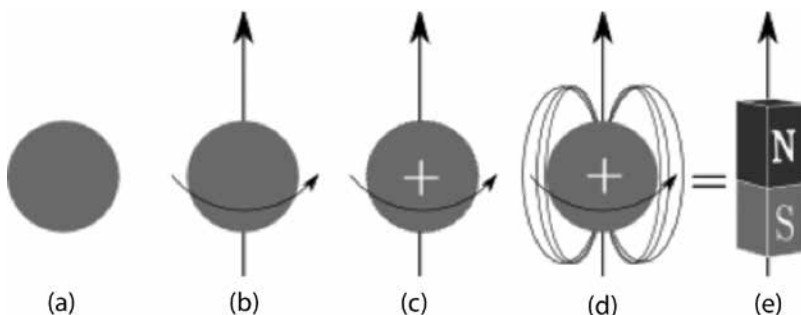


Figura 16 – O próton de hidrogênio pode ser visto como uma pequena esfera (a), que possui um movimento de giro, ou spin, em torno de seu próprio eixo (b); por ser uma partícula carregada positivamente (c) irá gerar um campo magnético próprio ao seu redor (d) comportando-se como um pequeno dipolo magnético, ou semelhantemente como um ímã (e), com o seu momento magnético associado.

Fonte: Adaptado de Mazzola (2009)

O spin, de maneira simplificada, representa a capacidade de um próton girar em torno do seu próprio eixo, embora, esse valor esteja limitado entre a faixa de $+1/2$ e $-1/2$.

O próton de hidrogênio também possui seu dipolo magnético, essa propriedade, surge quando o próton é considerado como uma esfera carregada positivamente esse é posto a girar em seu próprio eixo (spin) produz um campo magnético com característica dipolar, semelhantemente, o campo de um ímã com sua orientação sul - norte.

Como cada próton possui seu momento magnético quando esses estão imersos sobre um forte campo magnético conforme as propriedades básicas do magnetismo esses prótons tenderão a se alinhar ao campo, entretanto, nem todos os prótons se alinham ao campo gerado pelo dispositivo da RMN.

No momento em que o campo magnético é ativado sobre uma pessoa é transmitido um sinal de radiofrequência, conhecido como frequência de ressonância, no qual tem o objetivo de perturbar os prótons que estão “alinhados” com o campo formado no dispositivo de RMN.

Ao desligar o campo magnético do dispositivo os prótons tendem ao estado de equilíbrio retornando para suas propriedades termodinâmicas e magnéticas sendo-os realinhados com o campo magnético estático. Durante esse relaxamento, um sinal de radio frequência é gerado no qual pode ser medido pelos receptores do dispositivo de RMN.

3.2. Formação da imagem

A formação da imagem computadorizada somente é possível através das respostas devido às diferenças e características devido ao retorno do sinal de radiofrequência enviado pelo relaxamento dos prótons de hidrogênio.

A priori, a fins de detecção do tipo de tecido que está sob diagnóstico é levado em conta o tempo de decaimento da magnetização longitudinal (T_1) e transversal (T_2). Os valores de T_1 e T_2 são valores constantes, medidos experimentalmente, que informam o tempo de relaxamento típico das substâncias encontradas no corpo humano mostradas na tabela a seguir.

Tabela 2

Tempos de relaxação T_1 e T_2 aproximados para diversos tecidos do corpo humano a 1,5T		
Tecido	T_1 (ms)	T_2 (ms)
Substância branca	790	90
Substância cinzenta	920	100
Líquido cefalorraquidiano (líquor)	4000	2000
Sangue (arterial)	1200	50
Parênquima hepático	490	40
Miocárdio	870	60
Músculo	870	50
Lipídios (gordura)	260	80

Fonte: (Mazzola, 2009)

E para o mapeamento das imagens bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) das estruturas do corpo humano técnicas de ressonância magnética são usadas. Sem muito aprofundar nas técnicas nessa seção apenas um tipo será abordado sem muita profundidade que é chamada de gradiente de campo magnético.

Essa técnica foi proposta inicialmente por Paul Lauterbur em 1973 que consiste no envio de pulsos magnéticos com gradientes lineares sobreposto no campo magnético do dispositivo de RMN.

Na RMN convencional apenas um campo constante é promovido ao corpo humano que deste modo retornam um sinal de frequência devido ao movimento dos prótons. O uso de um sinal de gradiente linear possibilita a detecção de estruturas internas por meio das diferenças promovidas pelo retorno do sinal ao dispositivo, para ilustrar esse comentário observe a Figura 17.

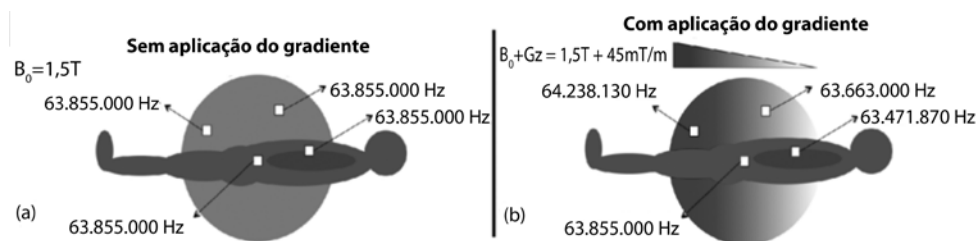


Figura 17 – Efeito de aplicação de um gradiente de campo magnético na direção do eixo z com amplitude de 45 mT/m (b). As alterações na frequência de precessão dentro do volume de interesse se modificam de acordo com a posição ao longo do eixo z.

Fonte: Adaptado de Mazzola (2009)

O retorno dessa diferença de frequência é filtrado por três métodos chamados de: seleção de corte (GCS), codificação de fase (GCF) e codificação de frequência e leitura (GL) e depois são mapeados em fase e frequência e armazenadas em matrizes e finalmente são convertidos em intensidade por meio da técnica chamada de transformada de Fourier.

Atividades de avaliação



1. Cite um princípio físico no transdutor do ultrassom. Quais diferenças existem entre o transdutor estacionário e de movimento translacional?
2. O efeito Doppler é utilizado em vários instrumentos tecnológicos cotidianos. Entretanto, esse fenômeno, tem sua origem em fenômenos ondulatórios do som. Cite o que acontece com a frequência do som quando:
 - a) A fonte sonora se fasta de um observador.
 - b) A fonte sonora se aproxima de um observador.
3. Demonstre a equação 8.1 ao considerar o efeito Doppler a um observador em repouso com o alvo em movimento.

4. Demonstre a equação 8.2 ao considerar o efeito Doppler a um observador em movimento com o alvo em repouso.
5. Demonstre a equação 8.3 ao considerar que o sangue escoar no sentido positivo, da esquerda para a direita, cuja componente horizontal é dada por $V\cos\theta$.
6. Estime a velocidade do fluxo sanguíneo de uma aorta ao considerar que a diferença de sinal foi de 3 kHz, o ângulo incidente foi de 45° e a velocidade do ultrassom no sangue é de 1500 m/s.
7. Explique o princípio físico aplicado à técnica de Ressonância Magnética Nuclear. Que área da Física atua em seu desenvolvimento e princípio físico aplicado?
8. O que significa spin de um próton?
9. Na técnica de Ressonância Magnética Nuclear, o mapeamento de órgãos, tumores, corpos estranhos, etc. são detectado através de um tempo de decaimento da radiofrequência emitidos pelos equipamentos desta técnica. Explique o que significa o decaimento magnético longitudinal e transversal.
10. Como foi comentado na seção sobre Ressonância Magnética Nuclear parte dos prótons de hidrogênio quando imersos num campo magnético muito forte se alinham no sentido positivo do campo, entretanto, outra parte não se alinha, essa distinção do grupo de prótons que se alinha e que não estão em alinhamento são chamados de grupos de alta energia e baixa energia e eles podem ser estimados pela equação abaixo.

$$\frac{N_a}{N_b} = e^{\frac{E}{kT}}$$

Sendo N_a o número de prótons alinhados, N_b o número de prótons não alinhados, $k = 1,3805 \times 10^{-23}$ Jolue/Kelvin (constante de Boltzmann) e T a temperatura absoluta média em Kelvin.

11. Se uma pessoa está imersa sobre um campo de 1,5 T e com uma temperatura média de $36,5^\circ\text{C}$ calcule a razão entre o número de prótons que se alinham e não se alinham com o campo magnético promovido por um dispositivo de RMN.

Referências



- ALLMANG, M. Z. **Physics for he Life Science**. Flórida: Harcount, 2001.
- HENEINE, I. F. **Biofísica Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1984.
- MAZZOLA, A. A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional, **Revista Brasileira de Física Médica**. v.3; p.117-129, 2009.
- NASCIMENTO, C. J.; JUNIOR C. B. Ressonância Magnética Nuclear. Gradus Primus, **Biotechnology Ciência & Desenvolvimento**. n.21, p 52-61, 2001.
- OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**, São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

Aplicações na informática

1. Introdução

Os segmentos da informática, eletrônica no último século sofreram intensas melhorias e estão sendo o cenário e a base das novas tecnologias na atualidade.

O avanço da capacidade de armazenamento dos computadores, o aumento da velocidade de processamento de dados e realização de cálculos é extremamente notório.

E a base desses avanços está nos estudos na área do eletromagnetismo e do desenvolvimento de novos materiais condutores que promovem o desenvolvimento de equipamentos melhores, levando o aspecto de velocidade de processamento, da capacidade de armazenamento e espaço ocupado.

Nesse capítulo serão abordados alguns aspectos presentes nas tecnologias desses instrumentos que são: os materiais semicondutores, a supercondutividade e a nanotecnologia.

2. Semicondutores

Os semicondutores são uma classe de materiais que ocupam uma posição intermediária entre os condutores e isolantes no que concerne a capacidade de conduzir corrente elétrica.

Dentre os vários materiais que possuem essas características os mais comuns e utilizados são o silício e o germânio, pois, eles se comportam como semicondutores em temperatura ambiente.

Uma propriedade importante nos semicondutores é que a sua condutividade pode ser alterada drasticamente através de fatores externos, como por exemplo, a temperatura, voltagem aplicada e até mesmo incidência da luz.

Atualmente os materiais semicondutores são utilizados em grande escala, como por exemplo, em chaves, circuitos de controle e também estão presentes nos circuitos de memória dos computadores.

2.1. Condutor, isolante e semicondutor

Os condutores, isolantes e semicondutores basicamente são diferenciados em geral pela estrutura das bandas de energia de seus elétrons na estrutura atômica. Para realizar essa discussão em detalhes seria necessário um curso introdutório de física quântica a fim de esclarecimento dos conceitos que serão aqui comentados.

A Figura 18a representa a estrutura de bandas de um condutor, como por exemplo, o cobre. Sua característica principal é que a banda de maior energia que contém elétrons está apenas parcialmente preenchida. Existindo estados vazios acima do nível de Fermi, de modo que se for aplicado um campo elétrico \mathbf{E} , cada elétron pertencente a esta banda será capaz de aumentar seu momento linear no sentido de $-\mathbf{E}$ e haverá a formação de corrente elétrica.

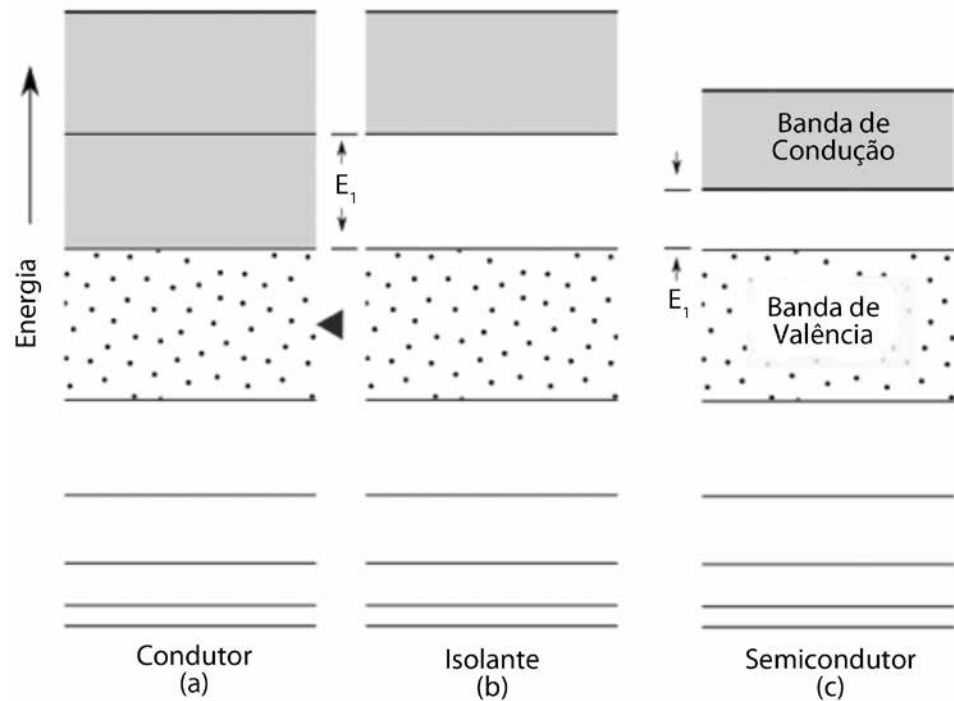


Figura 18 – Representação idealizada das bandas de energia para (a) um condutor, (b) um isolante, (c) um semicondutor. As bandas preenchidas são mostradas com pontos espalhados e as bandas vazias em cinza claro.

A Figura 18b representa um isolante. Sua principal característica é que a banda mais energética que contém elétrons está completamente preenchida, e a lacuna de energia proibida situada imediatamente acima dela, assinalada E_1 na figura, é considerável.

O termo considerável indica dizer que $E_1 \gg kT$, sendo k a constante de Boltzmann e T a temperatura absoluta em graus Kelvin, de modo que a probabilidade de elétrons que possam ir para a camada vazia, ou seja, ir para a camada posterior, é muito pequeno. Portanto, quando se imerge um isolante sob a ação de um campo elétrico E não existirá meio nenhum de elétrons sair da camada “carregada” e atravessar a banda vazia de energia.

A Figura 18c representa um semicondutor, sendo este semelhante a um condutor, exceto por causa da pequena lacuna de energia, pois sendo esta suficientemente pequena de tal forma que se torna mais fácil os elétrons atravessarem a lacuna e irem para a camada mais externa. Entretanto para que os elétrons realizem esse movimento é necessária a promoção de perturbações de agentes externos para que isso aconteça, como por exemplo, agitação térmica.

Quando os elétrons atravessam a lacuna de energia eles atingem a região chamada de banda de condução e os espaços vazios deixados por eles na camada de origem são chamados de banda de valência. Se uma banda está parcialmente preenchida, é mais conveniente analisar a sua contribuição para a condução elétrica em termos do movimento dos buracos, que se comportam como partículas positivamente carregadas.

2.2. Eletrônica óptica

Algumas propriedades dos semicondutores e a técnica de dopagem dos semicondutores e da obtenção da junção pn ao decorrer dessa seção serão mostradas a fim de se compreender uma aplicação prática dos semicondutores no cotidiano da eletrônica.

Atualmente equipamentos eletrônicos possuem *display* digitais que indicam como por exemplo, a temperatura nas ruas de uma cidade, avisos eletrônicos da velocidade medida por um carro em movimento, calculadora, bombas de postos de combustíveis e etc.

Em quase todos os casos esta luz é emitida por um conjunto de junções pn operando como diodos emissores de luz (LED). A junção pn é uma técnica de dopagem de dois materiais semicondutores, onde um recebe a dopagem do tipo n , possuindo átomos doadores, e outro recebe a junção p , possuindo átomos receptores; portanto a combinação desses dois materiais se dá o nome de junção pn .

O funcionamento de um LED consiste de elétrons quando estão no fundo da banda de condução de um semicondutor e estes são levados para uma cavidade situada no topo da camada de valência, resultando em dois comportamentos possíveis, primeiro: a energia E_1 é convertida em energia interna de vibração da rede; sendo este o comportamento de um condutor de silício.

O segundo efeito consiste da energia E_1 produzir uma radiação eletromagnética com comprimento de onda dado por

$$\lambda = \hbar c / E_1, \quad 9.1$$

sendo $\hbar = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s, a constante de Planck; $c = 3 \times 10^8$ m/s, a velocidade da luz no vácuo e E_1 a energia do poço.

Os LED comerciais projetados para a região do espectro visível são geralmente baseados num material semiconductor que é uma liga de gálio-arsênio-fósforo. Ajustando-se a razão estequiométrica entre o fósforo e o arsênio, a largura da lacuna na banda de energia pode ser alterada, e, portanto, o comprimento de onda pode ser alterado também.

3. Supercondutividade

A supercondutividade é um fenômeno de resistividade elétrica que tende a zero e expulsão do campo magnético que ocorre em certos materiais quando resfriados acima da temperatura crítica.



Figura 19 – Uma levitação magnética com um elemento que está com a temperatura abaixo da temperatura de transição, efeito Meissner.

Fonte:(Wikipédia,2012)

Sabe-se que na medida em que a temperatura diminui em um determinado material condutor seu valor associado de resistividade também diminui. E de modo geral, os materiais condutores quando a temperatura está muito baixa na ordem de unidades de graus kelvin eles atingem um estado mínimo de resistividade, entretanto existem materiais que ao atingirem uma determinada temperatura crítica seu valor de resistividade tende a zero.

A resistividade é uma grandeza elétrica que determina o quanto um material oferece de resistência por unidade de comprimento, vale ressaltar que a resistividade é bem determinada quando o material condutor é isotrópico, ou seja, quando as propriedades elétricas são as mesmas em todas as direções.

A descoberta de materiais supercondutores teve como pioneiro o físico holandês Kammerling Onnes, em 1911, no qual estava a estudar a resistividade do mercúrio e encontrou quando o mesmo estava a temperaturas abaixo de 4K o mercúrio perdia toda a resistividade e se tornava um condutor perfeito, no qual foi chamado de supercondutor.

Deve-se lembrar que o comportamento da supercondutividade se trata de um fenômeno da escala quântica, pois, quando materiais estão a baixas temperaturas as agitações térmicas dos átomos nas moléculas é drasticamente reduzida e em associação com a geometria molecular e os tipos de elementos se podem caracterizar sua potencialidade quanto à supercondutividade.

3.1. Características e aplicações

Os materiais supercondutores apresentam características importantes descobertas ao longo desses anos de pesquisa. Entre os vários os mais importantes são a condutividade elétrica sem resistência elétrica e a repulsão de campos magnéticos quando incididos sobre o material.

O segundo efeito, comumente chamado de efeito *Meissner*, consiste quando um material supercondutor é imerso sobre um campo magnético e estando esse abaixo de sua temperatura de transição o campo magnético é repellido a uma curta distância chamada de profundidade de *London*.

Atualmente as aplicações dos supercondutores se seguem em vários segmentos, como por exemplo, as máquinas de ressonância magnética nuclear, espectrômetros de massa, aceleradores de partículas e etc. Também na eletrônica os supercondutores têm sido usados em circuitos digitais imersos na técnica usada por estações de telefonia móveis chamada de “fluxo rápido de sinal quântico”.

Os eletroímãs que usam supercondutores podem produzir campos magnéticos mais intensos que os produzidos por eletroímãs convencionais, pois, como se sebe na lei de Ampère quando se tem fio com correntes elétricas intensas existe a formação de campo magnético.

Outra aplicação que recebe destaque na indústria e outros segmentos é o armazenamento de energia por meio dos materiais supercondutores, pois, tendo essa resistividade zero abaixo da temperatura crítica, se tornam excelentes condutores para integrar sistemas de armazenamentos e de sistemas de distribuição de rede elétrica.

Atividades de avaliação



1. O são os semicondutores?
2. Que benefícios esses elementos semicondutores trazem à sociedade? Que quantidades físicas são melhoras com esses novos materiais?
3. Cite diferenças entre condutor, isolante e semicondutor.
4. Esquematize a distribuição de camadas e de bandas de energia aos condutores, isolantes e semicondutores.
5. Cite um princípio físico atuante no funcionamento de um Laser Emission Diode (LED).
6. Um LED é construído a partir de uma junção pn. Baseada num determinado material semicondutor, cuja lacuna de energia é de 1,9 eV. Qual é o comprimento de onda da luz emitida? Qual é a cor que representa esse comprimento de onda?
7. Calcule o comprimento de onda máximo capaz de produzir fotocondutção no diamante, que apresenta uma lacuna de banda igual a 5,5eV. Em que parte do espectro eletromagnético se encontra esse comprimento de onda?

Referências



HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física** 3, 4ed., Rio de Janeiro: LTC, 320p, 1992.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física** 4, 4ed., Rio de Janeiro: LTC, 300p, 1992.

SINGH, J. **Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures**, New York: Cambridge Press, 559p, 2003.

WIKIPÉDIA. **Superconductivity**. URL <<http://www.wikipedia.com/Superconductivity.html>>, Acesso em 24/01/2012.

Progressos na Cosmologia

1. Introdução

Dentre os diversos ramos da Física, um dos que mais sofreram avanços é o estudo do cosmos, a cosmologia tenta explicar a origem e a evolução de todo o conteúdo do Universo, os processos físicos básicos e além do aprofundamento do entendimento das leis físicas que contemplem todo o Universo.

A história da cosmologia é longa e fascinante, um estudo completo de sua evolução requereria a elaboração de um material específico para esse fim, entretanto aspectos que marcam a transição da cosmologia que vão desde os trabalhos de Newton e o nascimento da cosmologia moderna através dos achados de Hubble serão tratados nas próximas seções.

2. História da Cosmologia

O entendimento do cosmos data também com a idade dos povos antigos, como por exemplo, Hebreus, Babilônicos, Egípcios e Chineses; esses povos tinham interesse pelo estudo dos astros até mesmo entendiam eles como deuses. Muitas evoluções sofreram as velhas teorias do cosmo, partindo desde a teoria geocêntrica e geostático de Ptolomeu até chegar à teoria que revolucionária de Nicolaus Copernicus (1473-1543), no qual é considerado o marco de uma nova Ciência.

Influenciado fortemente pelas idéias de Copérnico, Galileo Galilei (1564-1642), defendeu a teoria heliocêntrica copernicana no qual lhe rendeu uma séria punição pela igreja na época, entretanto, esse ato de Galileu foi crucial para os avanços dos estudos do cosmo abrindo caminho para os trabalhos de Johannes Kepler (1571-1630).

A contribuição mais genial de Galileu, para a astronomia, foi o desenvolvimento de telescópios com o poder de ampliação com cerca de 30 vezes e a importância de seu trabalho consistiu de ter empregado o método científico na fabricação do mesmo. Por volta de 1610, Galileu Galilei, publica seu livro *Mensagem Sideral* livro no qual relata com muitos detalhes a existência de crateras e montanhas na lua da Terra, descobriu que a Via Láctea é preenchida por

muitas estrelas e além de catalogar a existência de quatro luas no planeta Júpiter. E essas descobertas foram marcos importantes para a contra-afirmação da teoria de “perfeição” da Terra no sistema geocêntrico.

Já no tempo de Issac Newton (1642-1727) o Universo de Nicolaus Copernicus, Galileo Galilei e Johannes Kepler; foi bem aceito, porque nenhuma descrição do movimento dos planetas poderia ser encontrada se a terra estava em repouso no centro do sistema solar. Portanto a descrição encontrada é que os planetas giram em torno do Sol e o este está no centro do sistema solar.

Onde as estrelas foram entendidas como sóis com posições fixas num Universo estático. O *Milke Way* foi resolvido em contabilizar as estrelas com um telescópio de Galileo. A visão antropocênica foi persistida, no entanto, em localizar o sistema solar como centro do Universo.

3. Cosmologia de Newton

A primeira teoria da gravitação apresentada quando Newton publicou seu livro o principia, chamado de *Philosophiae Naturalis Principa Mathematica* em 1687. Que através dessa teoria ele pode explicar as leis empíricas de Kepler; no qual os planetas se movem em órbitas elípticas com o Sol nos mesmos pontos focais.

O sucesso da teoria foi quando Edmund Halley (1656-1742) com sucesso previu que o cometa visto, que no qual leva seu nome, em 1456, 1531, 1607 e 1682 poderia retornar em 1758. Atualmente, as primeiras observações confirmaram a teoria heliocêntrica verificadas em 1727 quando James Bradley (1693-1762) descobriu a aberração da luz das estrelas, e explicou que, esse efeito era devido às mudanças da velocidade da Terra na sua órbita anual.

A cosmologia de Newton, a partir da descrição do movimento dos astros, através da teoria da gravitação universal consegue explicar com boa aproximação o movimento planetário e dos satélites, entretanto, essa escala de movimento constitui o limite relativístico de Einstein na sua teoria da gravitação relativística.

As estrelas eram consideradas por serem sóis eventualmente distribuídos ao longo do espaço infinito em concordância com a concentração de estrelas da *Milk Way*. Portanto, essa distribuição é chamada de homogênea se esta é uniformemente distribuída, e chamada de isotrópica se esta possui as mesmas propriedades em todas as direções.

Deste modo um espaço homogêneo e isotrópico de distribuição de matéria pode indicar que ele possui as mesmas propriedades em qualquer lugar do espaço sem a restrição de um ponto que seja preferencial. Portanto em cada região do espaço, ou seja, do Universo, existem informações que são verdadeiras em qualquer lugar dele.

A partir dessa consideração foi criado o postulado que é chamado de princípio cosmológico, ou algumas vezes de princípio Copernicano. “O Universo é homogêneo e isotrópico nas três dimensões do espaço, tem sempre estado assim, e sempre vai permanecer assim”.

Baseada na teoria da gravitação, Newton formulou a cosmologia em 1691. De forma semelhante todos os corpos atraem cada outro, um sistema finito de estrelas sobre uma região finita do espaço podem colidir mutuamente sobre atração mútua. Mas isso não é observado, em fato as estrelas são conhecidas por terem posições fixas no espaço no passado, e a partir dessas considerações Newton confirmou essa estabilidade.

4. Fim da Cosmologia de Newton

Em 1883 Ernst Mach (1838-1916) publicou uma análise histórica e crítica no qual rejeitava a concepção de Newton para o espaço absoluto, precisamente porque este não foi observado. No seu trabalho ele explicou que as leis físicas podiam ser baseadas somente em concepções no qual eram derivados de observações.

O movimento das estrelas foi descrito em um referencial em repouso, na cosmologia de Newton, Mach propôs a idéia de um espaço absoluto por um referencial rígido de estrelas fixas. Deste modo o “movimento uniforme” foi ser entendido como um movimento relativo para todo o Universo. Portanto Mach claramente definiu que todos os movimentos são relativos, isto foi deixado por Einstein como passo primordial para o estudo das leis da Física vista por observadores em referenciais inerciais em movimento com respeito a cada outro.

Einstein publicou a teoria da relatividade geral em 1917, mas somente encontrou as soluções de equações diferenciais de alta ordem não linear para um Universo estático. Entretanto a concepção de Einstein permaneceu até ele conhecer o Hubble em 1929 e completamente evolvido pela evidência que foi chamada de lei de Hubble.

5. Lei de Hubble

Em 1920 Hubble mediu o espectro de 18 galáxias espirais de distâncias conhecidas. A expectativa para um universo estacionário não pode ser encontrada, mas, que o Universo se move randomicamente. Entretanto, algumas observações apresentaram mudanças no espectro para o vermelho, deste modo retrocedendo, no entanto algumas exibiram mudanças no espectro para o azul, ou seja, aproximando

$$v = H_0 r \quad 10.1$$

esta equação é chamada da lei de Hubble e H_0 é chamada de constante de Hubble. Para as galáxias espirais mais próximas estudadas, Hubble somente pode determinar uma função linear de primeira ordem. Percebe-se que a lei de Hubble mostra um Universo em expansão e que a expressão geral é chamada de escoamento de Hubble.

6. Telescópio espacial Hubble

O telescópio espacial Hubble, *Hubble Space Telescope* (HST) foi lançado ao espaço no dia 24 de Abril de 1990 e seu nome foi dado em homenagem ao astrônomo americano Edwin Hubble.

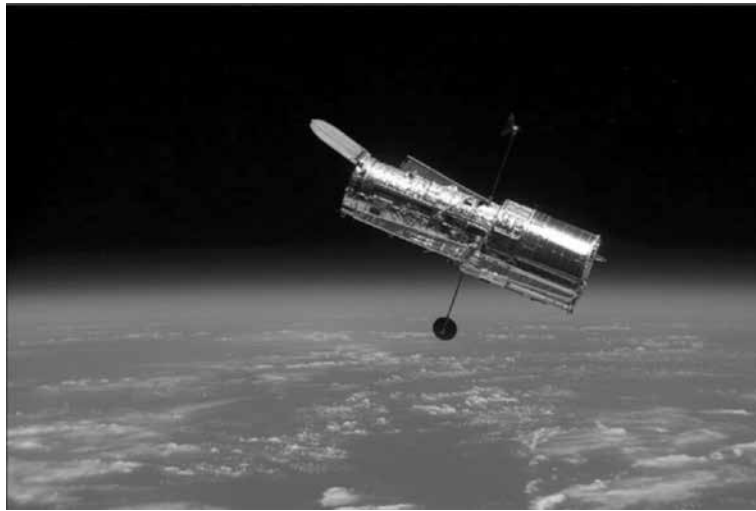


Figura 20 – Telescópio Hubble fotografado da nave espacial Discovery.
Fonte: (Wikipédia, 2012)

O HST é um telescópio do tipo refletor com um espelho de 2,4 metros, possuindo 13 metros de comprimento e com massa de 11 toneladas. O HST descreve uma órbita quase circular em torno da Terra num período de 94 minutos numa distância média de 600 quilômetros e está inclinado do equador em um ângulo de 0,01".

O HST é equipado com duas antenas superior de precisão, na quais permitem uma transmissão direta para a superfície usando um sistema de rastreamento de dados e suas antenas de precisão inferior. O equipamento também possui um sistema de gerenciamento de dados que permite avançar e recuar para qualquer lugar específico com uma precisão de .

O HST foi originalmente equipado com uma *Faint Object Camera*, *Wide-Field/Planetary Camera* (WFPC), *Godard High-Resolution Spectrograph* (GHRS), *Faint Object Spectrograph* (FOS), *High Speed Photometer* (HSP) e *Fine Guidance Sensor* (FGS).

Atividades de avaliação



1. Etimologicamente, o que significa Cosmologia?
2. Diferencie os modelos de movimento dos planetas e do Sol dos seguintes pensadores:
 - a) Ptolomeu
 - b) Nicolau Copérnico
3. Embora, seja dedicado a Nicolau Copérnico o título de idealizador do sistema Heliocêntrico de movimento de planetas, Galileu Galilei recebeu o destaque pela divulgação da teoria. Entre as obras de Galileu, uma tem destaque, conhecido como método científico. Explique e esquematize o Método Científico de Galileu.
4. Explique o termo conhecido em cosmologia Milk Way.
5. Explique a teoria de Gravitação de Isaac Newton.
6. Explique a importância da cosmologia de Newton.

Referências



ROCHA, J. F.; PONZEC, .I. L.; PINHO, S. T. R.; ANDRADE, R. F. S.; JÚNIOR, O. F.; FILHO, A. R. **Origens e Evolução das ideias da Física**, Salvador: EDUFPA, 374p, 2002.

ROSS M. **Introduction to Cosmology**, 3ed, England: John Wiley & Sons, 287p, 2003.

WIKIPÉDIA, **Télescope spatial Hubble**. URL< http://wikipedia.com/Télescope_spatial_Hubble.html>. acesso em 15/02/2012

Sobre os autores

Aurélio Wildson Teixeira de Noronha: Graduado em Física pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Atualmente é aluno do Curso de Mestrado Acadêmico em Ciências Físicas Aplicadas do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da UECE, desenvolvendo dissertação na área de Física da Atmosfera, e atua como professor-pesquisador, na área de Ensino de Física, do Curso de Graduação em Física, na modalidade Licenciatura a Distância, da UAB/UECE.

Carlos Jacinto de Oliveira: Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará (UECE). É docente do Curso de Graduação em Física, nas modalidades Licenciatura e Bacharelado, presenciais, ofertado pelo Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da UECE, onde atua na área de Ensino de Física. É também professor-pesquisador do Curso de Graduação em Física na modalidade Licenciatura a Distância, ofertado UAB/UECE, onde atualmente é Coordenador do Curso. Na Pós-Graduação é docente permanente do Mestrado Acadêmico em Ciências Físicas Aplicadas do CCT da UECE, onde atua na área de Física da Atmosfera como professor-pesquisador, orientador de estudos e líder do Grupo de Pesquisa em Física da Atmosfera.

Antonio Carlos Santana dos Santos: Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC), é Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Na Graduação é docente do Curso de Física, nas modalidades Licenciatura e Bacharelado, presenciais, ofertado pelo Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da UECE. Atualmente Coordenador do Curso e atua na área de Ensino de Física. É também professor-pesquisador do Curso de Graduação em Física na modalidade Licenciatura a Distância, ofertado pelo CCT da UAB/UECE. É docente do Mestrado Acadêmico em Ciências Físicas Aplicadas do CCT da UECE, onde atua na área de Física da Atmosfera como professor-pesquisador e orientador de estudos.

Emerson Mariano da Silva: Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará (UECE). É docente do Curso de Graduação em Física, nas modalidades Licenciatura e Bacharelado, presenciais, ofertado pelo Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da UECE, onde atua na área de Ensino de Física. É também professor-pesquisador do Curso de Graduação em Física na modalidade Licenciatura a Distância, ofertado pela UAB/UECE, onde é Coordenador de Tutoria do Curso. Na Pós-Graduação é docente do Mestrado Acadêmico em Ciências Físicas Aplicadas do CCT da UECE, onde atualmente é o Coordenador do Curso. Atua na área de Física da Atmosfera como professor-pesquisador, orientador de estudos.



Física

Fiel a sua missão de interiorizar o ensino superior no estado Ceará, a UECE, como uma instituição que participa do Sistema Universidade Aberta do Brasil, vem ampliando a oferta de cursos de graduação e pós-graduação na modalidade de educação a distância, e gerando experiências e possibilidades inovadoras com uso das novas plataformas tecnológicas decorrentes da popularização da internet, funcionamento do cinturão digital e massificação dos computadores pessoais.

Comprometida com a formação de professores em todos os níveis e a qualificação dos servidores públicos para bem servir ao Estado, os cursos da UAB/UECE atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pelos normativos legais do Governo Federal e se articulam com as demandas de desenvolvimento das regiões do Ceará.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

