



FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO

Aviso

Este documento é publicado sob as condições de uma Criação Conjunta
http://en.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons

Atribuição

<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>License (abbreviated “cc-by”,
Version2.5.





Índice

I. Propriedades da Matéria	6
II. Pré-requisitos do curso ou conhecimento.....	6
III. Tempo	6
IV. Materiais	6
V. Racionalidade do Módulo	7
VI. Conteúdos	7
6.1 Introdução	7
6.2 Sumário	8
6.3 Organização gráfica	9
VII. Objectivos Gerais	9
VIII. Objectivos específicos de aprendizagem (Objectivos instrucionais) ...	10
IX. Avaliação - Diagnóstica.....	11
X. Glossário (Conceitos-chave)	17
XI. Leituras Compulsórias	19
Leitura 1: Propriedades Mecânicas.....	19
Leitura 2: Gases Líquidos e Sólidos	19
Leitura 3: Mecânica dos Sólidos.....	20
XII. Recursos Obrigatórios	20
Recurso # 1	20
Recurso # 2	20
Recurso # 3	21
XIII Lista dos Links Relevantes	21
Link útil # 1	21
Link útil # 2	22
Link útil # 3	23
Link útil # 4	23
Link útil # 5	24
XIV. Actividade de Ensino e Aprendizagem.....	24
Actividade 1: Elasticidade dos Materiais.....	24
Lista dos Links Relevantes	27
Actividade 2: Fluídos.....	39
Actividade 3: Propriedades de transporte	50
XV. Síntese do Módulo.....	70
XVI. Avaliação Final.....	70
XVII Referências	74
XVIII. Autor Principal do Módulo	75
XIX Estrutura do Módulo	Error! Bookmark not defined.



Prefácio

Este módulo tem quatro secções principais

A primeira é a **Introdução** que consiste em cinco partes:

1. Título –

2. Conhecimentos prévios – Nesta secção você vai receber a informação exacta sobre os pré-requisitos em termos de conhecimentos e habilidades que necessita para iniciar o módulo. Preste atenção a estes requisitos pois vão ajudá-lo a decidir se precisa ou não de fazer uma revisão.

3. Tempo necessário – Dá o tempo total (em horas) que precisa para concluir o módulo. Todos os testes de auto-avaliação, actividades e avaliações devem ser concluídos no tempo especificado.

4. Material necessário – Aqui encontrará a lista de material que precisa para concluir o módulo. Algum material é parte do pacote do curso que receberá em CD ou vai acessar através da internet. O material recomendado para fazer experiências pode ser obtido na instituição em que está matriculado (que é membro de AVU) ou poderá adquiri-lo por outros meios.

5. Justificação do módulo – Nesta secção obterá as questões para perguntas como “Por que devo eu estudar este módulo estando num curso de formação de professores? Qual é a sua relevância na minha carreira?”

A segunda é a secção de **Conteúdo** que consiste em três partes:

6. Resumo: O conteúdo do módulo é apresentado numa forma breve. Nesta secção encontrará um ficheiro de vídeo (um filme de *QuickTime*) onde o autor deste módulo é entrevistado acerca deste módulo. O parágrafo resumo do módulo é seguido pela listagem dos conteúdos incluindo o tempo aproximado necessário para completar cada secção. Estes três elementos vão ajudá-lo a figurar como o conteúdo está organizado no módulo.

7. Objectivos Gerais – Objectivos claros informativos são providenciados para dar a expectativa sobre que conhecimento, habilidade e atitudes você adquirirá depois de estudar o módulo.

8. Objectivos Específicos de Aprendizagem (Objectivos Instrucionais): – O foco de cada actividade de aprendizagem está em cada um dos objectivos



específicos dados nesta secção. As unidades, elementos e temas do módulo estão destinados a alcançar objectivos específicos e toda a avaliação visa os objectivos que se desejam alcançar. É recomendado a prestar máxima atenção aos objectivos específicos, pois eles são vitais na organização do seu esforço no estudo deste módulo.

A terceira secção é a mais larga do módulo. É a secção onde você vai despende mais tempo e é referenciada como **Actividades de Ensino e Aprendizagem**. A essência dos oito componentes está listado abaixo:

9. Avaliação diagnóstica: Uns conjuntos de questões, que vão avaliar quantitativamente o seu nível de preparação para os objectivos específicos do módulo, são apresentados nesta secção. As questões de avaliação diagnóstica ajudam a identificar o que você sabe e o que você precisa de saber para que o seu nível de preocupação seja aumentado e possa julgar a sua aprendizagem. A chave de resposta é providenciada para o conjunto de questões e alguns comentários pedagógicos são providenciados no fim.

10. Conceitos-chave (Glossário): Esta secção contém definições curtas e concisas dos termos usados no módulo. Isto ajuda-o com termos com os quais pode não estar familiarizado no módulo.

11. Leituras obrigatórias: Um mínimo de três materiais de leitura é providenciado. É obrigatório ler os documentos.

12. Recursos necessários: É apresentada uma lista completa de recursos multimédia referenciados e necessários para a compleição das actividades de aprendizagem livre de direitos de autor para a utilização.

13. Links úteis: É apresentada uma lista de pelo menos 10 *web sites* que o ajudam a entender os tópicos. Cada *link* é acompanhado de uma referência completa (Título do *site*, URL), ecrã capturado de cada *link* assim como 50 palavras para a descrição do *link*.

14. Actividade de Ensino e Aprendizagem: Este é o fulcro do módulo. Precisa de seguir o guia de aprendizagem nesta secção. São providenciados vários tipos de actividades. Faça toda a actividade em sequência. Ocasionalmente poderá não necessitar de seguir a ordem em que as actividades são apresentadas. É muito importante notar que:

- ✓ as avaliações formativas e sumativas são feitas sistematicamente;
- ✓ todos os recursos e leituras obrigatórios estão feitas;



- ✓ os *links* úteis e possíveis foram consultados;
- ✓ *feedback* e comunicação com o autor são feitos.

Tenha prazer no seu trabalho com este módulo.



I. Propriedades da Matéria

Por Sisay Sheware, Jimma, Universidade de Etiópia

II. Pré-requisitos do curso ou conhecimento

Para estudar este módulo você precisa de concluir os módulos de Mecânica I, Mecânica II, Electricidade e Magnetismo. Este módulo também assume que você tem um curso introdutório de cálculos.

III. Tempo

Este módulo pode ser completado em 120h. A organização dos capítulos pode ser vista na secção 6 do módulo.

IV. Materiais

- Ligação à internet
- Leituras e recursos obrigatórios (como alistado nas secções 11 e 12)
- Pesos padronizados
- Fios feitos de diferentes substâncias
- Pacotes de *software*



V. *Justificação do Módulo*

Espera-se que o ensino de ciências na escola secundária habilite os estudantes a trabalharem de forma científica (aplicando os princípios da ciência), estimular a curiosidade deles e aprofundar seus interesses no mundo físico e natural.



Neste módulo vai estudar o comportamento dos sólidos quando sujeitos a pressões e o comportamento dos fluidos é estudado em diferentes contextos. Você vai também perceber as condutividades térmicas e eléctricas (também conhecidas como propriedades de transporte) dos metais.



O estudo da mecânica, propriedades térmicas e electrónicas dos materiais não só lhe ajudarão nos estudos mais avançados em Física do Estado Sólido e Física Electrónica, como lhe dará um avanço na aplicação de tecnologias educacionais das ciências físicas para os seus futuros estudantes.

Fig.: Qual é a propriedade do fio de Tungsténio que o torna conveniente para a construção do filamento de uma lâmpada?

VI. *Conteúdos*

6.1 *Introdução*

Neste módulo vai estudar as propriedades elásticas e de transporte de materiais como elasticidade, o fluir de um fluido, difusão, osmose, condutividades térmicas e eléctricas dos materiais.



No início são apresentadas actividades que o guiam através dos detalhes do efeito de força em vários tipos de materiais. Depois, encontra actividades que o habilitam a descrever as propriedades dos fluidos e usar estas propriedades para chegar aos princípios e leis tais como princípio de Arquimedes, lei de Pascal e equação de Bernoulli.

O módulo inclui propriedades como viscosidade, difusão, propriedades térmicas (condutividade, expansão), condutividade eléctrica dos metais, semicondutores e ligas (uma substância composta de dois ou mais metais (algumas vezes de um metal e um não-metal) que estão intimamente misturados pela fusão ou um outro processo). Estas propriedades são conhecidas como propriedades de transporte.

6.2 Sumário

Elasticidade

(30 horas)

- ✓ Carga e pressão
- ✓ Deformação
- ✓ Relação entre pressão e deformação: lei de Hooke
- ✓ Compressibilidade, Elasticidade e Plasticidade
- ✓ Módulo de Young
- ✓ Rácio de Poisson

Fluído

(45 horas)

- ✓ Densidade
- ✓ Pressão
- ✓ Fluído em repouso
- ✓ Medindo a pressão
- ✓ Princípio de Pascal
- ✓ Princípio de Arquimedes
- ✓ Equilíbrio de um objecto num líquido
- ✓ Equação de Bernoulli
- ✓ A fluidez de um fluido real

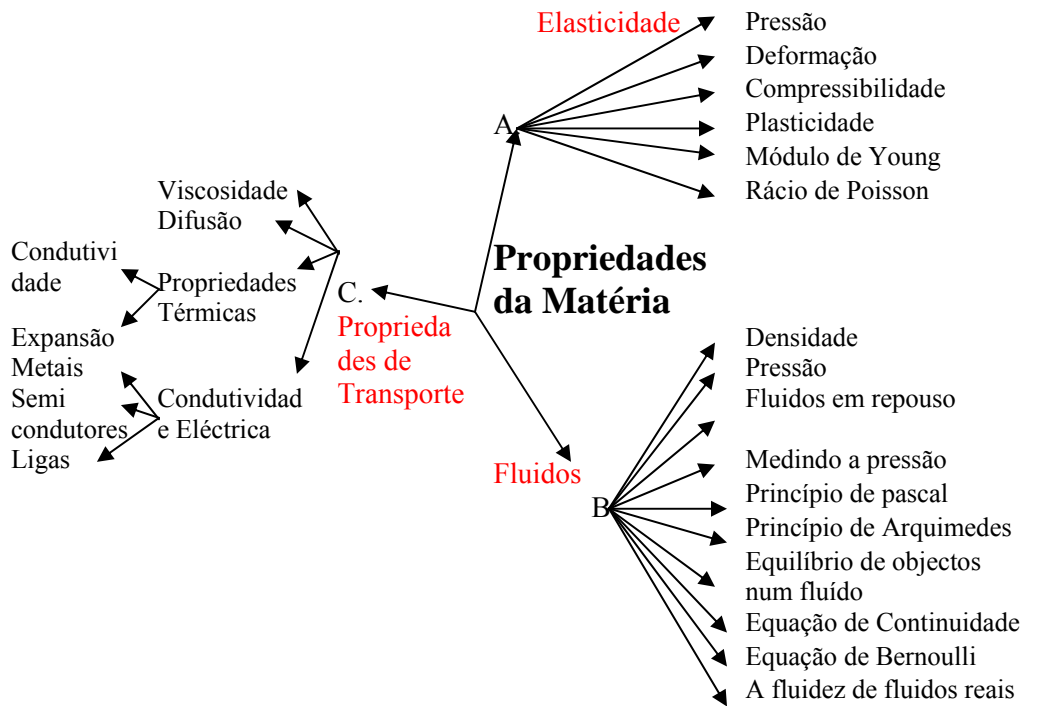


Propriedades de Transporte

(45 horas)

- ✓ Difusão
- ✓ Viscosidade
- ✓ Condutividade térmica
- ✓ Expansão térmica
- ✓ Condutividade eléctrica dos metais, semicondutores e ligas

6.3 Organização gráfica



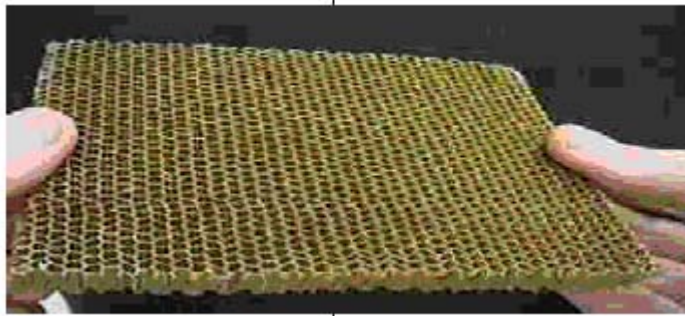
VII. Objectivos Gerais

Após completar este módulo você será capaz de:

- Explicar o conceito das propriedades elásticas dos materiais;
- Descrever as propriedades de transporte dos materiais;



- Appreciar as propriedades dos fluidos e aplicar os conceitos a uma variedade de contextos;
- Usar a condutividade térmica dos materiais para resolver problemas;
- Usar a condutividade eléctrica dos materiais para resolver problemas.



VIII. Objectivos específicos de aprendizagem (Objectivos instrucionais)

Conteúdos	Objectivos de aprendizagem: Após a conclusão desta secção você será capaz de:
Elasticidade (35 horas) ✓ Carga e pressão ✓ Deformação ✓ Relação entre pressão e deformação: lei de Hooke ✓ Compressibilidade, elasticidade e plasticidade ✓ Módulo de Young ✓ Rácio de Poisson	✓ Determinar o efeito da força nos materiais ✓ Calcular o módulo de Young para uma variedade de materiais ✓ Calcular o rácio de Poisson para um dado material ✓ Predizer as propriedades de material.
Fluidos (45 horas) ✓ Densidade ✓ Pressão ✓ Fluidos em repouso ✓ Medindo a pressão ✓ Princípio de pascal ✓ Princípio de Arquimedes ✓ Equilíbrio de um objecto num líquido ✓ Equação de Bernoulli	✓ Descrever as propriedades básicas dos fluidos (densidade, pressão) ✓ Aplicar as propriedades dos fluidos (Princípio de Arquimedes, lei de Pascal) ✓ Avaliar o movimento do fluído (continuidade, turbulência dos fluidos reais)



✓ A fluidez dos líquidos reais	✓ Usar a equação de Bernoulli
Propriedades de transporte (45 horas) ✓ Difusão ✓ Viscosidade ✓ Condutividade térmica ✓ Expansão térmica ✓ Condutividade eléctrica dos metais, semicondutores e ligas	✓ Analisar o movimento de uma partícula num fluido ✓ Descrever as propriedades relativas de sólidos, líquidos e gases ✓ Avaliar os efeitos de calor nos materiais p.e. calcular a expansão térmica ✓ Calcular a concentração efectiva de electrões móveis em metais, ligas e semicondutores

IX. Avaliação — Diagnóstica

Estas questões de avaliação diagnóstica, comportam questões de conhecimento prévio bem como questões que avaliam o alcance de seus objectivos no módulo. A profundidade de revisão que precisa é proporcional ao seu afastamento dos resultados mínimos desejados.

As respostas às questões são providenciadas imediatamente depois das questões.

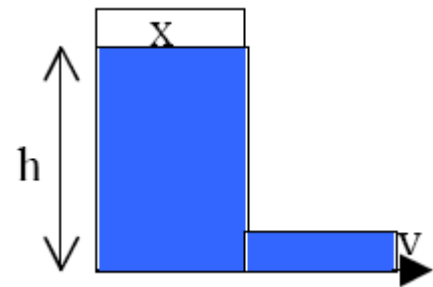


Como é que o ar sustenta um avião?

9.1 Questões

1. Na figura 1 o peso do líquido, de densidade ρ , na altura x é mantido constante, enquanto o fluido escoá através de um furo pequeno no fundo do tubo na altura h debaixo de x . A velocidade do líquido que sai do pequeno furo é:

- a) $h\rho g$
- b) $2gh$
- c) $\sqrt{2gh}$
- d) gh
- e) $\sqrt{2gh\rho}$



2. Um balão de ar quente sobe com um peso total de 200N e o volume de 20m^3 . Assumindo que a densidade do ar é 1.2kgm^{-3} , a força que faz subir o balão em N é então:

- a) 24
- b) 36



c) 40

d) 176

e) 240

3. Quando uma pedra de massa m na extremidade de uma corda é movida num círculo vertical à velocidade constante:

a) A tensão (força) na corda é constante;

b) A tensão é mínima quando a pedra atinge o ponto mais baixo do círculo;

c) A tensão na corda é sempre igual a mg ;

d) o peso mg é sempre a força centrípeta;

e) A tensão é máxima quando a pedra está no ponto mais baixo do círculo.

4. Numa competição olímpica de mergulho, um mergulhador a partir do alto da prancha, curva o seu corpo para:

a) mergulhar claramente na água;

b) ter maior spin;

c) aumentar a energia;

d) ter um spin reduzido;

e) aumentar a velocidade.

5. Quando puxada distendida para além do seu limite elástico, uma roda de metal como aço...

a) torna-se elástico;

b) não tem energia;

c) obedece a lei de Hooke;

d) fica muito frio.

6. A figura 2 mostra 3 massas numa linha. A força na massa de 1kg é zero se a distância em metros é:



- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5
- e) 6

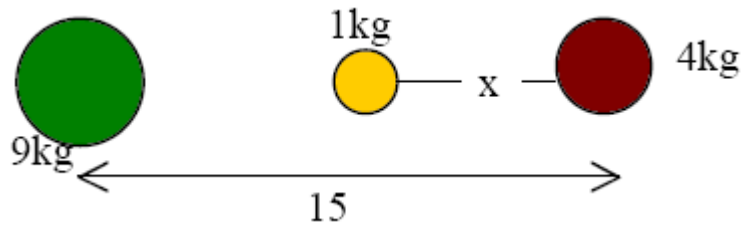


Figura 2

7. A constante de tempo no circuito mostrado na Figura 3 é 4s. Por isso a constante de tempo no circuito mostrado na figura 4 é:

- a) 8s
- b) 4s
- c) 2s
- d) 1s
- e) 0.5s

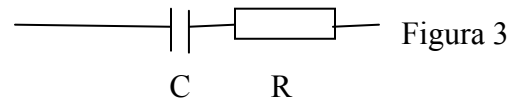


Figura 3

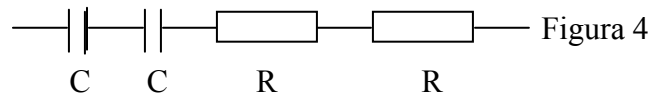


Figura 4

8. A que temperatura as leituras nos termómetros de Fahrenheit e Celsius são iguais:

- a) - 20
- b) 40
- c) 32
- d) - 40
- e) 72

9. Quais dos materiais que se seguem são semicondutores?

- a) gallium arsenide
- b) germanium
- c) silicone
- d) todos os acima indicados



10. Porque os semicondutores são valiosos nos electrónicos modernos?
- a) usam pouca energia;
 - b) podem se confiar;
 - c) interruptores rápidos;
 - d) todas as razões acima indicados.
11. Quais são os instrumentos electrónicos feitos essencialmente de semicondutores?
- a) transístores;
 - b) resistências;
 - c) capacitores;
 - d) nenhum dos acima indicados.
12. Como é que a condutividade em semicondutores puros varia com a temperatura?
- a) a condutividade aumenta à medida que a temperatura diminui;
 - b) a condutividade aumenta à medida que a temperatura aumenta;
 - c) a condutividade não muda com a temperatura.
13. O que explica a razão de os semicondutores terem propriedades eléctricas diferentes dos metais?
- a) mais electrões de valência;
 - b) poucos electrões de valência;
 - c) estrutura com uma banda de diferença;
 - d) não existem diferenças.
14. Ambos **electrões** e **lacunas** são considerados portadores de cargas.
15. Um diodo contém ambas regiões: **tipo – n** e **tipo – p**.

9.1 Chave de respostas

- 1) C
- 2) C
- 3) E



- 4) B
- 5) A
- 6) E
- 7) B
- 8) D
- 9) D
- 10) D
- 11) A
- 12) B
- 13) C
- 14) electrão lacuna
- 15) tipo-n tipo-p

9.3 Comentário Pedagógico para o estudante

Este módulo é apresentado de tal modo que vai se encontrar a fazer várias actividades como ler, analisar exemplos trabalhados, experimentando virtualmente e no laboratório real, discutindo *on-line* com o estudo em grupo, resolvendo problemas, etc.

Isto é possível parcialmente pelo pacote que recebeu com este módulo e via internet. Não é possível substituir seu esforço para experimentar todo o material compulsório e todos os recursos possíveis. De facto, a aprendizagem ocorre com o esforço do aprendiz. Por isso é notificado a trabalhar todos os problemas providenciados e consultar as referências sugeridas.

Os conceitos introduzidos são melhores compreendidos em testes experimentais. É uma boa ideia estar em contacto com a Universidade filiada na AVU.

A última coisa que deve fazer é avaliar a si mesmo se alcançou os resultados esperados de aprendizagem mencionados no início do módulo.



X. Glossário (Conceitos-chave)

Elasticidade: É a propriedade de material, ou uma substância ou um corpo, de retomar o seu tamanho original e forma depois de ter sido distorcido ou deformado pela força.

Pressão: É a força por unidade de área, medida em Newtons por metro quadrado (Nm^{-2}). Exemplos de pressão incluem a tensão, o puxão ou empurrão e a força de corte.

Deformação: É o rácio da mudança dimensional produzida à dimensão original. Quando a pressão é aplicada ao corpo, a deformação é produzida. O corpo pode ser distorcido ou deformado, conforme a sua elasticidade. Pode ser o rácio de comprimentos, áreas ou volumes.

Módulo de Young: É o módulo de elasticidade de um fio ou pau esticado longitudinalmente, ou de um pau comprimido longitudinalmente. E é medido em Nm^{-2}

$$\text{Pressao} = \frac{\text{Forca}}{\text{Area}} = \frac{F}{A}$$

$$\text{Deformacao} = \frac{\text{Extensao}}{\text{Comprimento}} = \frac{x}{l}$$

$$\text{Modulo - de - Young} = E = \frac{\text{Pressao}}{\text{Deformacao}} = \frac{Fl}{Ax}$$

Compressibilidade: Na termodinâmica e mecânica dos fluidos, compressibilidade é a medida da mudança relativa do volume de um fluido ou sólido como resposta à pressão (ou deformação média) de mudança.

$$\beta = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial P}$$

Onde V é o volume e P a pressão. A afirmação acima está incompleta, porque para qualquer objecto ou sistema a magnitude de compressibilidade depende fortemente do processo se é adiabático ou isotérmico.

Plasticidade: É a propriedade do material ou substância de ser permanentemente deformado pela força sem se quebrar.

Rácio de Poisson: Quando uma amostra de material é esticado em uma direcção, ela tende a estreitar se em outras duas direcções. Rácio de Poisson (ν ,



μ), nomeado em honra de Simeon Poisson, é a medida dessa tendência. Rácio de Poisson é o rácio de concentração relativa de deformação ou deformação transversal (normal à carga aplicada) dividida pela extensão relativa da deformação (na direcção da carga aplicada). Para um material perfeitamente incompressível, o rácio de Poisson poderia ser exactamente 0,5. Muito material prático dos engenheiros tem entre 0.0 e 0.5. O Cork é próxima de 0.0 e muitos aços estão perto de 0.3, e a borracha é aproximadamente 0.5. Alguns materiais, muitos dos quais polímeros, têm o rácio de Poisson negativo; se estes materiais são esticados numa direcção, tornam-se espessos na direcção perpendicular. Assumindo que o material é comprimido ao longo do eixo dos y, temos que

$$V_{yx} = \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y} \text{ onde } V_{yx} \text{ é o rácio de Poisson resultante } \varepsilon_x \text{ é a deformação}$$

transversal e ε_y é a deformação axial.

Princípio de Pascal: Uma mudança de pressão aplicada a um fluido fechado é transmitida integralmente a todos os pontos do fluido e as paredes do recipiente que contém o líquido.

Princípio de Arquimedes: Um corpo completamente ou parcialmente imerso em fluido é empurrado para cima (experimenta um empuxo) igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

Equação de Bernoulli: A pressão de um fluido varia a medida que o fluido se move através do tubo de secção transversal e elevação variáveis.

Viscosidade: È a resistência à fricção interna entre moléculas. A viscosidade pode ser medida por um instrumento chamado viscosímetro. Um meio para medir a viscosidade relativa dos líquidos é usar uma pipeta de 5ml e um *stop watch*. Faça a sucção de precisamente 5.00 ml do líquido e inicie o stop watch assim que o líquido deixa a pipeta. A viscosidade é maior quanto maior for o tempo gasto para esvaziar a pipeta. Alguns líquidos como água têm uma baixa viscosidade enquanto outros líquidos como o mel tem uma alta viscosidade. A viscosidade será afectada pela temperatura. A altas temperaturas a viscosidade diminui à medida que as moléculas vão tendo mais energia cinética permitindo que se movam mais rapidamente umas em relação às outras.

Difusão: Difusão é o movimento de partículas a partir do potencial químico mais elevado para o potencial químico mais baixo (o potencial químico pode, em muitos casos, ser representado pela mudança na concentração).



Carga eléctrica: Uma carga eléctrica é um atributo da matéria que produz força.

Condutividade térmica: A expansão térmica dos sólidos ou corpos é a consequência da mudança na separação média entre seus constituintes átomos ou moléculas.

Condutividade eléctrica: É a medida de habilidade do material conduzir uma corrente eléctrica quando uma diferença de potencial é aplicada entre as extremidades do condutor. As suas cargas móveis fluem, dando lugar a uma corrente eléctrica. A condutividade σ é definida como o rácio da densidade de corrente J pela intensidade do campo eléctrico $J = \sigma E$.

XI. Leituras Compulsórias

Leitura 1: Propriedades Mecânicas

Referência completa:

http://dmoz.org/Science/Physics/Fluid_Mechanics_and_Dynamics/

Abstracto: O *link* acima indicado conduzi-lo-á a materiais de internet em tópicos como Animação do Princípio de Bernoulli, Cálculos e Equações da Mecânica dos Fluidos, Solução de Problemas da Mecânica Clássica dos Fluidos, Material do curso da dinâmica dos fluidos e muitos mais, directamente relevantes a este módulo.

Racional: O Open Directory Project é o maior e mais compreensivo directório humano-editado de *Web*. É construído e mantido por uma vasta comunidade global de editores voluntários.

Data de consulta: Outubro, 2006

Leitura 2: Gases Líquidos e Sólidos

Referência completa http://en.wikipedia.org/wiki/Elasticity_%28physics%29

Abstracto: Os tópicos discutidos neste documento incluem Modelagem dos Conteúdos de elasticidade, Transições para Inelasticidade

Racional: Este é um capítulo de um livro gratuito mantido pela www.lightand-matter.com Está disponível nos formatos pdf e html. Os files em pdf podem ser baixados capítulo por capítulo: diferença de potencial, introdução a relatividade específica, equações de Maxwell em ambas as formas diferencial e integral, e as propriedades dieléctricas e materiais magnéticos.



Data de consulta: Setembro, 2006

Leitura 3: Mecânica dos Sólidos

Referência completa: http://en.wikibooks.org/wiki/Solid_Mechanics#Stress

Abstracto: Os tópicos neste material de leitura seguem a abordagem contínua da mecânica, onde as propriedades dos materiais devem ser os mesmos quando consideramos áreas infinitesimais e volumes. A abordagem alternativa é construir as propriedades dos materiais a partir de equações básicas relacionando forças atômicas e interações e estendê-la a um largo conjunto de tais identidades (p.e. dinâmica molecular).

Racional: Esta é a parte de um livro de mecânica dos sólidos e é um bom material de leitura para este módulo.

Data de consulta: Novembro 2006

XII. Recursos Obrigatórios

Recurso # 1

Efeito da Temperatura e Volume no número de colisões

Fonte: Lon-CAPA

Data de consulta: Nov 2006

Descrição: Este Java *Applet* ajuda-o a compreender o efeito de temperatura e volume no número de colisões das moléculas de gás com as paredes. Na *Applet*, você pode mudar a temperatura e volume com os botões de contacto à esquerda. Você pode também ajustar o tempo para a duração da simulação. A *Applet* conta todas as colisões e mostra o resultado depois da ocorrência. Variando a temperatura e volume e registrando o número de colisões, você pode ter uma boa impressão daquilo que serão os principais resultados da teoria cinética.

Recurso # 2

Experiência Virtual sobre a lei do gás ideal

Fonte: Universidade de Uoregon

URL: <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

Data de consulta: Nov, 2006



Descrição: O Java *Applet* ajuda-o a fazer uma série de experiências virtuais, você vai controlar a acção do pistão no canal de pressão que está preenchido com um gás ideal. O gás é definido por quatro estados: Temperatura, Volume ou densidade, Pressão e Peso Molecular.

Existem três experiências possíveis de fazer. Na terceira experiência, identificada por gás ideal, você pode seleccionar contentor de gás vermelho, azul ou amarelo. O gás em cada um dos contentores possui um peso molecular diferente e por isso respondem de modos diferentes à mudança de condições de pressão.

Recurso # 3

Cálculo dos Diagramas de Fase pelo Computador

Fonte: vídeo.google.com

URL:

<http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Thermodynamics&hl=en>

Data de consulta: Nov, 2006

Descrição: Os modelos termodinâmicos de solução podem ser usados em conjunto com os dados para calcular a fase dos diagramas. Estes diagramas revelam, para um dado conjunto de parâmetros (tais como temperatura, pressão, campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, suas fracções de volume e suas composições químicas.

Esta lição inclui o método pragmático implementado em software comercial para a estimação de multicomponente e multiplafase equilíbrio.

O conteúdo devia ser muito útil aos cientistas. Assim o são a quinta e a sétima lição sobre as fases de transformação termodinâmica.

XIII Lista dos Links Relevantes (úteis)

Link útil # 1

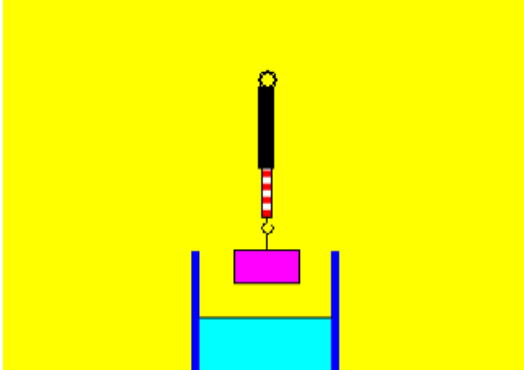
Título: Força de impulsão nos líquidos

URL: <http://www.walter-fendt.de/ph11e/buoyforce.htm>

Ecrã Capturado



If you see the words "Maximum exceeded!" (red letters), you have to choose an adequate measuring range.



Base area of body:	100	cm ²
Height of body:	5.0	cm
Density of body:	3.0	g/cm ³
Density of liquid:	1.0	g/cm ³
Draught:	0.0	cm
Replaced volume:	0	cm ³
Buoyant force:	0.00	N
Weight of body:	14.72	N
Measured force:	14.72	N

Descrição: Este Java Applet mostra uma experiência simples concernente a impulsão num líquido. Um corpo sólido suspenso numa balança de mola é mergulhado na água (por puxar o *mouse*). Neste caso a força medida que é igual à diferença do peso e força de impulsão é reduzida. Você pode mudar (dentro de certos limites) os valores pré-seleccionados da área de base, altura e densidades usando os textos do campo apropriados.

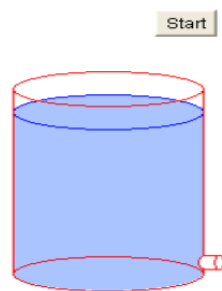
Racional: Esta experiência virtual conforma com a actividade 2 do módulo.

Link útil # 2

Título: Pressão de água e profundidade

URL: <http://www.mstc.uiuc.edu/murphy/PicnicCooler/default.html>

Ecrã Capturado



The sketch at left shows a picnic cooler full of water. When you first open the spigot, the water flows out rapidly. As the water level drops, the flow slows down. Press the start button and watch this happen.

The weight of the water on top creates pressure on the water underneath, which makes it spurt out rapidly when the spigot is opened. The pressure is proportional to the depth of the water above the spigot. As the water level drops, there is less pressure, so the flow through the spigot slows down.



Descrição: Este Applet foi escrito por Lisa Denise Murphy na Universidade de Illinois. Rascunhos anteriores foram escritos em 1999. A versão corrente foi modificada em Janeiro de 2010. Permissão é dada aos estudantes e docentes para usar este Applet, desde que seja feito o reconhecimento à fonte.

Racional: Esta actividade virtual é para ser usada na actividade 2.

Link útil # 3

Título: Mecânica dos sólidos

URL: http://en.wikibooks.org/wiki/Solid_Mechanics

Ecrã Capturado



Descrição: Este é um livro de mecânica dos sólidos

Racional: Estão cobertos em grande medida os conteúdos das actividades 1 e 3.


Link útil # 4

Título: Viscosidade

URL: http://www.spacegrant.hawaii.edu/class_acts/ViscosityTe.html

Ecrã Capturado



	<h2>Viscosity</h2> <p>Teacher Page</p>
	<p>Purpose</p> <p>To determine how fluid a liquid really is by measuring its viscosity.</p>

Background

Viscosity is an internal property of a fluid that offers resistance to flow. For example, pushing a spoon with a small force moves it easily through a bowl of water, but the same force moves mashed potatoes very slowly. In fact, one of the major differences between styles of mashed potatoes is the viscosity of the starchy mass: some people like their potatoes running and teeming with milk and butter (they are fans of low-viscosity potatoes), while others like their potatoes drier and stickier, so they almost crack rather than flow (these people are devoted to high-viscosity potatoes).

Descrição: Esta é a avançada descrição de viscosidade para os leitores mais curiosos.

Link útil # 5

Título: Condutividade térmica

URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thercond.html>

Ecrã Capturado

Power per unit area transported $\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -\kappa \frac{\Delta T}{\Delta x}$ Temperature gradient

Thermal conductivity

[More formal treatment](#)

For an ideal gas the heat transfer rate is proportional to the average molecular velocity, the mean free path, and the molar heat capacity of the gas.

Particles per unit volume

Thermal conductivity

Mean particle speed

Mean free path

Molar heat capacity

Avogadro's number

$$\kappa = \frac{n \langle v \rangle \lambda c_v}{3 N_A}$$

[Index](#)

[Heat transfer concepts](#)

[Heat transfer examples](#)

Descrição: Uma apresentação excelente com muitos *links* relevantes.

Racional: É um suplemento para a actividade 2.

XIV. Actividade de Ensino e Aprendizagem

Actividade 1: Elasticidade dos Materiais

Precisará de 30 horas para completar esta actividade. Nesta actividade, você é conduzido por uma série de leituras, clips de multimédia, exemplos



trabalhados e questões e problemas de auto-avaliação. É fortemente encorajado a seguir todas as actividades e a consultar todo o material compulsório entre outros *links* e referências.

Objectivos específicos de ensino e aprendizagem:

- ✓ Analisar os efeitos das forças nos materiais;
- ✓ Definir diferentes tipos de coeficientes de elasticidade.

Resumo da actividade de aprendizagem

Nesta actividade você vai definir os conceitos de carga, pressão e deformação. Você vai também derivar as equações matemáticas para a pressão e deformação. Em adição a isto será capaz de resolver problemas diferentes. Os casos mais simples da deformação são aqueles

- i) nos quais o fio, fixado na extremidade superior, é puxado para baixo por um peso na sua extremidade inferior;
- ii) nos quais uma compressão igual é aplicada em todas as direcções, de tal sorte que há uma mudança de volume e não da forma;
- iii) nos quais um sistema de forças pode ser aplicado a um corpo de tal modo que, apesar de o corpo não se mover como um todo, há uma deslocação relativa das suas linhas que causam uma mudança nos contornos ou “forma” do corpo sem alteração do seu volume. Em todos estes casos o corpo diz-se pressionado ou deformado.

Conceitos-chave

Carga – O termo carga, no contexto deste módulo, implica a combinação de forças externas (por exemplo, o peso do próprio corpo, juntamente com as forças ligadas ao peso, forças centrífugas no caso de rodas rotacionais; forças devido a fricção ou forças devido a expansões ou contracções desiguais durante a mudança ou variação de temperatura) actuando no corpo e seus efeitos e mudar a forma ou as dimensões do corpo.

Pressão – A força restauradora ou recompensadora por unidade de área estabelecida no interior do corpo é chamada pressão.

Deformação – A mudança produzida nas dimensões do corpo sob um sistema de forças ou conjunto de forças em equilíbrio, é chamada deformação, e é medida pela mudança por unidade de comprimento (deformação linear), por unidade de volume, (deformação de volume), ou a angular deformação



(pressão de corte ou simplesmente corte) de acordo com a mudança que ocorre no comprimento, volume ou forma do corpo.

Elasticidade linear (também conhecida por elasticidade de comprimento). É a propriedade possuída por corpos que aumentam em comprimento quando a força de tensão é aplicada nelas. A força aplicada causa um conjunto de forças opostas e iguais chamadas forças de restauração ou recuperação no interior do corpo.

Rácio de Poisson: O rácio de Poisson está relacionado com o módulo elástico **K**, o módulo do tamanho; **n** como o módulo de corte; e **Y**, módulo de Young da forma como se segue. Os módulos elásticos são a medida da rigidez. Eles são o rácio da pressão pela deformação. A pressão é a força por unidade de área, com ambas as direcções da força e área especificadas. As forças restauradoras ou de recuperação por unidade de área instaladas no interior do corpo são chamadas de pressão.

Compressibilidade: O módulo de tamanho é por vezes referido como compressibilidade; assim, a compressibilidade de um corpo é igual a $\frac{1}{k}$ onde k é o seu módulo de tamanho.

Deve ficar bem claro que enquanto que o módulo de tamanho é pressão por unidade de deformação, a compressibilidade representa deformação por unidade de pressão ou força de recuperação por unidade de área instalada no interior do corpo chamada pressão.

Lista das Leituras relevantes

Referência

Nelkon & Parker (1995), Advanced Level Physics, 7th ed, CBS Publishers & Distributer, 11, Daryaganji New Delhi (110002) India. ISBN 81-239-0400-2

Racional: Neste livro assume-se que o leitor está familiarizado com a física escolar necessária para este módulo.

Referência



Flower B. H., Mendoz E (1970), Properties of Matter, John Wiley & Son Ltd, ISBN 0471 26498 9R McCliment (1984). Physics, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diogo.

Racional: Esta leitura providencia fontes de informação de acesso fácil. Os conteúdos foram tratados de forma lúcida com um suporte matemático adequado.

Referência

Grant Mathur D.S. (1985), Elements of Properties of Matter, Shayn Lal Charitable Trust, Ram Nagar, New Delhi 110055, 284-360.

Racional: Neste livro assume-se que o leitor está familiarizado com a física escolar necessária para este módulo.

Lista dos Recursos Relevantes

Referência <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/permot3.html>

Referência http://en.wikipedia.org/wiki/Young's_modulus

Sumário: O módulo de Young (E) (também conhecido por Módulo de Young, módulo de elasticidade, módulo elástico ou módulo de tensão) é a medida de rigidez de dado material. É definido como o rácio, para pequenas deformações, da taxa de mudança de pressão com a deformação.

Referência http://en.wikipedia.org/wiki/Elasticity_of_substitution

Sumário: Uma propriedade importante de muitas estruturas de materiais é a sua habilidade de recuperar a sua forma original depois de a carga ter sido removida. Estes materiais são chamados elásticos.

Lista dos Links Relevantes (úteis)

Título: Elasticidade

URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Young's_modulus

Abstracto: Obtém-se propriedades e equações matemáticas.

Título: Trabalho feito numa deformação.



URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Young's_modulus

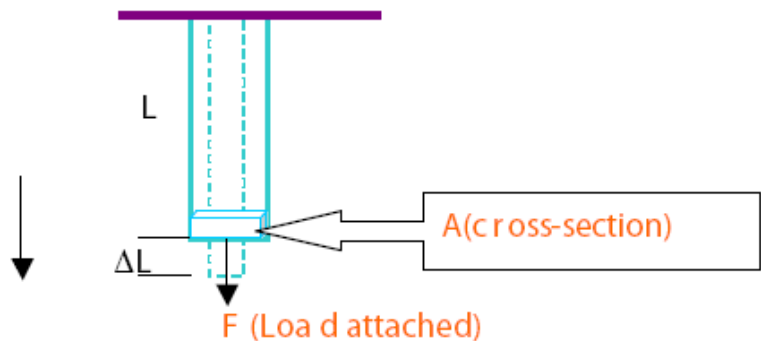
Abstracto: Obtém-se a equações do trabalho feito.

Introdução à Actividade

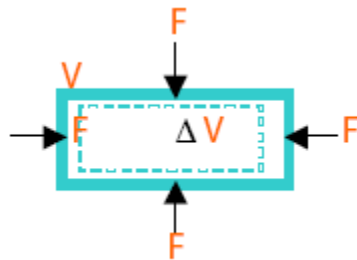
Todos os corpos podem, mais ou menos, ser deformados por adequadas forças aplicadas neles. Os casos mais simples da deformação que você pode realizar são os que se seguem:

1. No qual um fio, fixado pela extremidade superior, é puxado para baixo por um peso na sua extremidade inferior, trazendo uma mudança no corpo relacionado com o comprimento;

(a) **Figura 1**
– Sistema de forças e deformações definindo o módulo elástico da tensão linear.



2. No qual uma compressão igual é aplicada em todas as direcções de tal modo que existe uma mudança de volume mas não da forma.

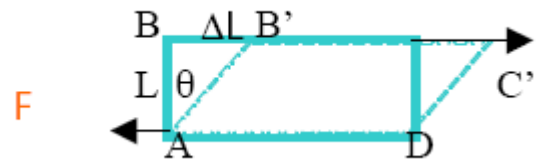


(b) **Figura 2** – Sistema de forças e deformações definindo um módulo elástico numa mudança de volume.

3. Um sistema de forças pode ser aplicado a um corpo de tal modo que apesar de o corpo não se mover como um todo, existir um deslocamento de suas partes que causam uma deformação na forma ou configuração do corpo sem mudanças no seu volume.



(c) **Figura 3** – Sistema de forças e deformações definindo o módulo elástico devido a forças tangenciais produzindo um ângulo de corte



Descrição Detalhada da Actividade

(Elementos teóricos principais)

Elasticidade

Em todos os casos acima, o corpo diz-se distorcido ou deformado. Quando as forças deformadoras são removidas o corpo tende a recuperar sua condição original. Por exemplo, o fio na Figura 1, tende a voltar ao seu comprimento original quando a força, devido ao peso suspenso, é removida dele, ou um volume comprimido do ar ou gás devolve o pistão quando recupera seu volume original.

Esta propriedade do material de um corpo de reaver sua condição original, na remoção de determinadas forças, é chamada *elasticidade*. Corpos que podem recuperar completamente sua condição original ao removermos as forças deformadoras são ditos *perfeitamente elásticos*. Do outro lado, corpos, que não mostram nenhuma tendência para recuperar sua condição original são ditos *plásticos*.

Elasticidade linear

Elasticidade linear também conhecida como *elasticidade de comprimento* é uma propriedade possuída por corpos que aumentam em comprimento, largura ou espessura quando a força de tensão é aplicada neles normalmente à essas direcções.

Módulo de Young

Quando a força deformadora é aplicada como ilustrada na Figura 1, ao corpo somente, ao longo e em uma direcção particular, a mudança por unidade de comprimento nessa direcção é chamada longitudinal, linear ou deformação de alongação, $\frac{l}{L}$ e a força aplicada por unidade de área da secção-transversal é

chamada longitudinal ou pressão $\frac{F}{a}$. Módulo Young $Y = \frac{F.L}{a.I}$. Para uma



mudança uniforme $Y = \frac{L}{a} \cdot \frac{dF}{dI}$. Para uma mudança não uniforme onde a área da secção transversal da rod, L é o comprimento da barra, F é a carga.

Pressão: É a força de tensão por unidade de área e é denotada por σ

Módulo de Young, $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{e}{l}} = \frac{F \cdot l}{e \cdot A}$ para uma mudança uniforme.

Para uma mudança não uniforme $E = \frac{L}{A} \cdot \frac{dF}{dI}$ onde A é a área da secção transversal de barra, l é o comprimento de barra e F é a carga.

Módulo de tamanho

Aqui a força é aplicada normal e uniformemente como ilustrado na Figura 2 em toda a superfície do corpo de tal modo que enquanto haja variação de volume não há mudança de forma. A força aplicada por unidade de área (ou pressão) dá o stress = $\frac{F}{A}$ e a mudança por unidade de volume, a deformação =

$$\frac{v}{V} \text{ seu rácio dando o Módulo de Tamanho para o corpo. } k = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{v}{V}} = \frac{F \cdot V}{a \cdot v} = P \frac{V}{v}$$

Módulo de Rigidez

Neste caso, enquanto existe a mudança na forma do corpo, não há mudança no seu volume como mostrado na Figura 4. A força tangencial F está aplicada na direcção mostrada pelo ponto B quando se desloca para o ponto B', D para D', i. é. juntando as linhas, as duas faces transformam-se num ângulo. A face ABCD é então cortada através do ângulo θ , este ângulo θ (em radianos), pela qual a linha originalmente perpendicular à face fixada é tornada, dá a deformação ou deformação de corte, ou ângulo de corte, assim como é usualmente chamado como pode ser visto $\theta = \frac{BB'}{AB} = \frac{l}{L}$, onde l, é o comprimento do lado AB ou a altura do cubo. Em outras palavras $\theta =$ deslocamento relativo do plano AB'D'C numa distância a partir do plano fixo ABCD. A pressão tangencial é igual a força F dividida pela área da face BDdb



(área a), i. é igual a $\frac{F}{a}$. O rácio da pressão tangencial à deformação do corte dá o coeficiente de rigidez do material do corpo denotado por $n = \frac{F/a}{\theta} = \frac{F/a}{I/L} = \frac{F.L}{a.I}$ se a deformação de corte não é proporcional a pressão de corte aplicada, temos que $n = \frac{dF/a}{d\theta}$ partilha

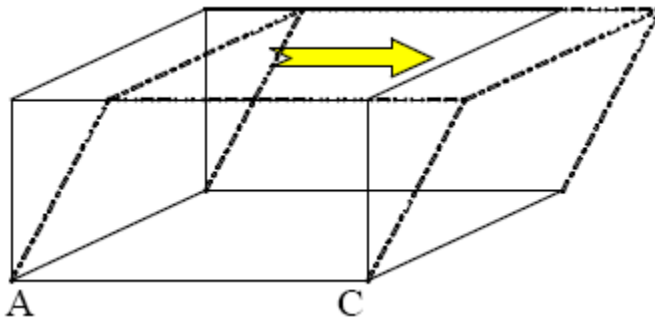


Figura 4 — Módulo de rigidez

Trabalho feito numa deformação

Para deformar um corpo, um trabalho deve ser feito pelas forças aplicadas. A energia gasta deste modo é armazenada no corpo e é chamada energia de deformação. Quando as forças aplicadas são removidas, a pressão desaparece e a energia de deformação aparece como calor.

Consideremos o trabalho feito nos três casos de deformação

Deformação de alongação (fio esticado)

Então o trabalho feito é $W = \int F.dl$

O módulo de Young para o material do fio é $E = \frac{F.L}{a.I}$ onde:

L é o comprimento original



l é o aumento no comprimento

a é a área da secção transversal

F é a força aplicada

Assim a força aplicada é: $F = \frac{E.a.l}{L}$

O trabalho feito durante a deformação de 0 até l

$$W = \int_0^l \frac{E.a}{L} l dl = \frac{E.a}{L} \int_0^l l dl = \frac{E.a}{L} \frac{l^2}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{E.a.l}{L} \right) l \quad \text{mas} \quad F = \frac{E.a.l}{L}, \quad \text{Por isso}$$

$$W = \frac{1}{2} Fl = \frac{1}{2} (\text{força} - \text{distensora} - x - \text{distensão})$$

$$\text{O trabalho feito por unidade de volume} = \frac{1}{2} F \cdot \frac{l}{L.a}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{F}{a} \cdot \frac{l}{L}$$

$$= \frac{1}{2} \text{pressão} - x - \text{deformação}$$

Deformação de volume

Seja σ a pressão aplicada. Então, sobre a área, a força aplicada é. $a \cdot \sigma$, e por isso, o trabalho feito para um pequeno movimento dx , na direcção de, é igual $a \cdot \sigma \cdot dx$. Sendo $a \cdot dx = dv$, a pequena mudança produzida em volume. Por isso o trabalho feito para uma pequena mudança de volume dv é igual a σdv .

E, por isso, o trabalho total feito para toda a mudança no volume, a partir de 0

$$\text{até } V \text{ é dado por } W = \int_0^V \sigma dV$$

$K = \sigma \cdot \frac{V}{v}$; de tal modo que $\sigma = K \cdot \frac{v}{V}$ onde V é o volume original e K o módulo do tamanho.

Deformação de Corte



Considere o tubo do canto L (Fig. 2), com a extensão DC fixa e seja F a força tangencial aplicada na sua face superior no plano AB , de tal modo que a face $ABCD$ seja distorcida para a posição $A'B'CD$ ou cortada através do ângulo θ .

Seja o deslocamento AA' igual a BB' . Então o trabalho feito durante o pequeno deslocamento dl é igual a $F \cdot dl$. E, por isso o trabalho total feito para

todo o deslocamento, a partir de 0 até l é dado por $W = \int_0^l F dl$

Sendo $n = \frac{F}{a \cdot \theta}$, $F = n \cdot a \cdot \theta$ e $a = L^2$ bem como $\theta = \frac{I}{L}$ onde L é o

comprimento de cada aresta do cubo de tal modo que $F = n \cdot L^2 \cdot \frac{I}{L} = n \cdot L \cdot I$

O trabalho feito durante toda a deformação de 0 a l é dado por

$$W = \int_0^l n \cdot L \cdot I \cdot dl = \frac{1}{2} n \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} F I = \frac{1}{2} \text{força tangencial} \cdot x \cdot \text{deslocamento}$$

$$\text{O trabalho dado por unidade de volume} = \frac{1}{2} \frac{F \cdot I}{L^3} = \frac{1}{2} \frac{F}{L^2} \frac{I}{L} = \frac{1}{2} \frac{F}{a} \theta$$

Por isso vemos que em qualquer deformação, o trabalho feito por unidade de volume é igual à $\frac{1}{2}$ pressão $\cdot x \cdot$ deformação

Dimensões

A deformação do fio não tem dimensões

As dimensões de pressões = $ML^{-1} T^{-2}$

A unidade de módulo de elasticidade no SI é Pascal

Tarefa: 1.1 Experiência da distensão de um fio de aço por cargas diferentes

Objectivos

- Os estudantes serão capazes de demonstrar tipos diferentes de deformação;



- Os estudantes serão capazes de calcular o rácio de pressão linear pela deformação linear;
- Os estudantes serão capazes de concluir sobre a relação entre a pressão e a deformação.

Problema

O problema que segue ajuda a encontrar a resistência do material bem como a alcançar os objectivos.

Hipótese

Formule uma hipótese acerca da relação entre a carga e a área da secção transversal do fio de aço (pressão), o comprimento da extensão de aço (deformação), calcule o módulo de Young

Material

Dois fios de aço, longos;

Um suporte rígido;

Diferentes pesos ;.

Um dos fios deve ter a escala de Vernier

Procedimentos

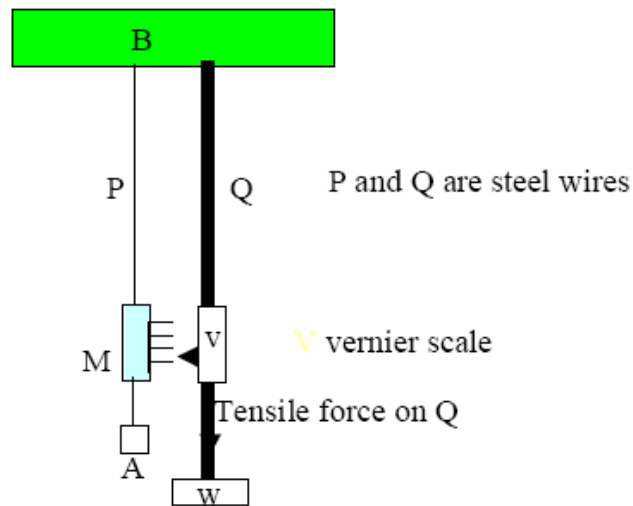


Figure 5 – Arranjo experimental para a distensão do fio de aço por cargas diferentes

- 1) Coloque os fios de aço, a carga, a escala de vernier como mostrado na Fig 5;
- 2) Coloque diferentes cargas no lugar assinalado com w;
- 3) P, Q são dois longos e finos fios de aço suspensos, um ao lado de outro num suporte rígido B;
- 4) O fio P é deixado atado a uma carga A e com uma escala M graduada em milímetros;
- 5) O fio Q tem uma escala de vernier ao lado onde se encontra a escala M;
- 6) V mede as pequenas distensões e, ou mudança no comprimento de Q, quando a carga w é aumentada o que por sua vez aumenta a força F no fio.

Questões

1. O que você observa?
2. Calcule a pressão.
3. Calcule a deformação.
4. Esquematize o gráfico pressão x deformação.



Tarefa 1.2 Experiência para exercitar equações matemáticas

Objectivos

Os estudantes vão ser capazes de derivar equações matemáticas para resolver problemas sobre o coeficiente de elasticidade.

Problema

Derive as equações matemáticas sobre a elasticidade para as seguintes constantes:

- i) módulo de Young (E);
- ii) módulo de tamanho (k);
- iii) rigidez de tamanho (n).

Note:

Se derivou a equação matemática isso é muito bom. Se não, por favor veja o que é feito na derivação.

Avaliação formativa 1

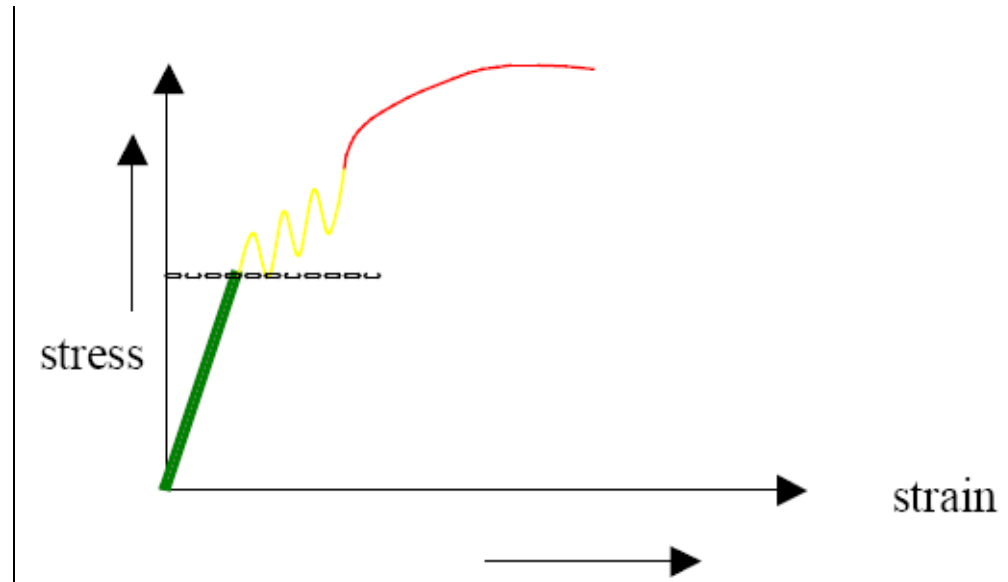


Figura 6: Gráfico da pressão x deformação

Problema 1

Nesta actividade espera-se de si que mostre, para o gráfico de pressão vs deformação, o seguinte:

- a) a variação elástica; b) o limite elástico; c) a variação elástica.

Resposta

- a) vermelha b) linha quebrada c) região vermelha

Problema 2

Mencione factores que afectam a elasticidade.

Resposta

O efeito das impuridades.

O efeito da mudança de temperatura.

Problema 3

Mostre que:

- a) Uma pequena e uniforme deformação num volume V é equivalente a três deformações lineares de magnitude $v/3$, em quaisquer três perpendicular.



Resposta

Imagine um cubo que está para ser comprimido de modo igual e uniforme de todos os lados, de tal modo que o comprimento de cada aresta diminua em l de comprimento e o seu volume por uma pequena quantia v .

Então, claramente que o deformação em volume no cubo será $= \frac{v}{V} = v$, e a

deformação linear ao longo de cada aresta do cubo é $\frac{l}{L} = l$

Dado que o comprimento de cada aresta torna-se $(L - l)^3$

A diminuição no volume do cubo é $v = V - (L - l)^3$

Depois de calcular e desprezar as parcelas de ordem superior tem que $v = 3l$

$$\text{Então } l = \frac{v}{3}$$

Avaliação formativa

Mostre que o módulo de tamanho para um gás:

i) a temperatura constante (i.é. sob condições isotérmicas) é igual a sua pressão;

ii) quando a temperatura não é constante (i.é quando as condições são adiabáticas) é igual a γ multiplicado pela sua pressão, onde $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

Resposta

Seja p a pressão e V o volume do gás e deixemos que seja comprimida por uma pressão aumentada ($p + dp$) de tal modo que o volume seja reduzido em dv tornando-se $(V - dv)$, assim

$$\text{pressão} = \frac{dF}{dA} = \text{pressão aplicada} = dp$$

$$\text{volume de deformação} = \frac{\text{mudanca - no - volume}}{\text{volume - original}}$$

$$\text{o módulo do tamanho para o gás i.e. } K = -\frac{dP}{dV}V$$



i) se o gás é comprimido isotermicamente, sua temperatura permanece constante, por isso

$$PV = \text{const}$$

$$P = \frac{\text{const}}{V}$$

$$dp = -\frac{\text{const}}{V^2} dV$$

$$Vdp = -\frac{\text{const}}{V} = \text{Modulo de Tamanho} = K$$

a desde a ponta da rede. A

$$\frac{\text{const}}{V} = K$$

$$\frac{\text{const}}{V} = p$$

Assim $K = p$; a constante do tamanho é igual a pressão.

Resposta

ii) se o gás é comprimido adiabaticamente

$$pV^\gamma = \text{const}, \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}; \quad p = CV^{-\gamma} \text{ diferenciando } p \text{ em relação a } V \text{ dá}$$

$$dp = -\gamma V^{-\gamma-1} dV \text{const}$$

$$\text{Onde } -V \frac{dp}{dV} = k \text{ tamanho, const} = pV^\gamma$$

$$k = \frac{\gamma}{V^\gamma} pV^\gamma$$

$$k = \gamma p \text{Bulkconst}$$

Actividade 2: Fluidos

Precisará de 45 horas para completar esta actividade. Nesta actividade você é conduzido por uma série de leituras, clips de multimédia, exemplos trabalhados e questões e problemas de auto-avaliação. É fortemente encorajado



a seguir todas as actividades e a consultar todo o material compulsório entre outros *links* e referências.

Objectivos específicos de ensino e aprendizagem:

- ✓ Descrever as propriedades básicas dos fluidos (densidade, pressão);
- ✓ Aplicar as propriedades dos fluidos (princípio de Arquimedes);
- ✓ Explicar o movimento do fluido (continuidade, turbulência, fluido real);
- ✓ Usar a equação de Bernoulli.

Resumo da actividade de aprendizagem

Nesta actividade os estudantes vão descrever a pressão dos fluidos em repouso, explicar os efeitos da força de emersão nos corpos submersos e a distribuição do fluido em recipiente fechado.

A pressão P num fluido é a força por unidade de área que o fluido exerce em qualquer superfície. A pressão num fluido varia com a profundidade (h) de acordo com a expressão $p = p_a + \rho gh$ onde p_a é a pressão atmosférica ($1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$) e ρ é a densidade do fluido.

Você vai também enunciar a lei de Pascal e o princípio de Arquimedes.

A dinâmica do fluido (fluido em movimento) pode ser compreendido por assumir que o fluido não é viscoso e é incompressível e que o movimento do fluido é um movimento estável sem turbulência. Usando estas suposições o rácio do fluxo através do tubo é uma constante. Isto é $A_1 V_1 = A_2 V_2$. A soma da energia cinética por unidade de volume tem o mesmo valor em todos os pontos de condução do líquido. Isto é $p + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho gy = \text{constante}$ — equação de Bernoulli

Conceitos-chave

Princípio de Pascal: Uma mudança de pressão aplicada em fluido fechado é transmitida integralmente em todos os pontos do líquido e as paredes do recipiente.



Princípio de Arquimedes: Um corpo totalmente ou parcialmente submerso num fluido sofre um empuxo de uma força igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.

Linha de conduta: O caminho tomado por uma partícula de fluido, que flui estavelmente, é chamado linha de conduta.

Equação de Bernoulli: Esta equação dá uma expressão que lida com a soma de pressão, energia cinética por unidade de volume, e energia potencial por unidade de volume tem o mesmo valor ao longo da linha de conduta.

Introdução à Actividade

O conhecimento da existência de carga electrostática remota no mínimo de...

Descrição detalhada da actividade (Elementos teóricos principais)

Estados da matéria

A matéria é normalmente classificada como estando num dos seus estados, sólido, líquido ou gasoso. Muitas vezes, esta classificação é estendida de modo a incluir o quarto estado referido como plasma.

O quarto estado da matéria pode ocorrer quando a matéria é aquecida a temperaturas muito altas. Nesta condição, um ou mais electrões rodeando cada átomo são libertos dos seus núcleos. A substância resultante é uma colecção de partículas livres electronicamente carregadas: os electrões carregados negativamente e os iões carregados positivamente. Um tal gás ionizado com uma quantidade igual de cargas positivas e negativas é chamado plasma.

Densidade e Pressão

✓ A densidade de uma substância é definida como sua massa por unidade de volume $\rho = \frac{m}{V}$;

✓ Gravidade específica da substância é definida como o rácio de sua densidade pela densidade de água a 4°C que é igual a $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Se F é a magnitude da força normal no pistão e A é a área do pistão, então a pressão, P, do líquido no nível em que o aparelho está submerso é definido como o rácio da força pela área.



$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = \frac{dF}{dA}$$

A unidade de pressão no sistema internacional é Pascal (P_a)

$$1P_a = 1 \frac{N}{m^2}$$

Varição da pressão com profundidade

Considere o fluido em repouso em recipiente mostrado na Figura 2.1 abaixo

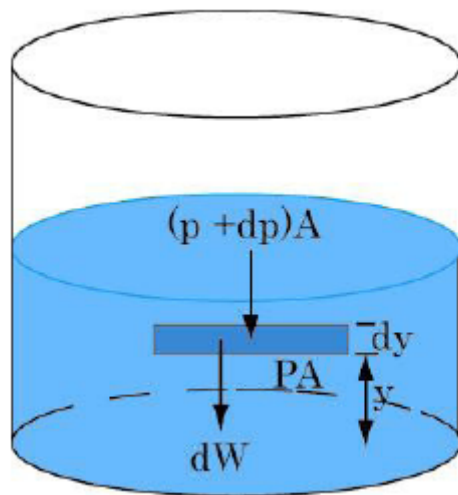


Figura 1: Variação da pressão com a profundidade num elemento de volume de um fluido em repouso e a força sobre ele.

Notemos primeiro que todos os pontos na mesma profundidade têm a mesma pressão.

Considere o fluido contido num cilindro imaginário de secção transversal A e altura dy . A força dirigida de baixo para cima na base do cilindro é PA e a força dirigida para baixo no topo do cilindro é $(p + dp)A$. O peso do cilindro, cujo volume é dv , é dado por $dW = \rho g dV = \rho g A dy$, onde ρ é a densidade do fluido. Dado que o cilindro está em equilíbrio, a soma das forças deve ser nula, e assim obtemos $\sum F_y = PA - (p + dp)A - \rho g A dy$



$$\frac{dp}{dy} = -\rho g$$

A partir deste resultado, vemos que um aumento na elevação (pela positiva) corresponde a uma diminuição na sua pressão (o valor negativo dp). Se p_1 e p_2 são as expressões na elevação de y_1 e y_2 acima do nível de referência, e se a densidade é uniforme, integrando $\int_{p_1}^{p_2} dP = -\int_{y_1}^{y_2} \rho g dy \Leftrightarrow p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$.

Se o vaso está aberto no topo, então a pressão no fundo h pode ser obtida, tomando a pressão atmosférica como $P_a = P_2$, notando que a profundidade $h = y_2 - y_1$ encontramos que $P = P_a + \rho gh$. O que mostra que a pressão absoluta P no fundo h abaixo da superfície de um líquido aberto a atmosfera é maior que a pressão atmosférica pela quantidade ρgh .

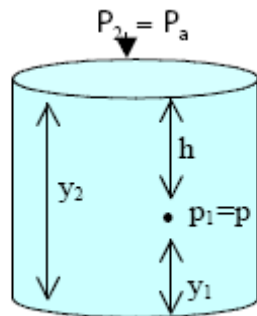


Figura 2 – A pressão P na profundidade h abaixo da superfície de um líquido aberto à atmosfera é dada por $P = P_a + \rho gh$. Este resultado também mostra que:

- (i) a pressão é a mesma em todos os pontos à mesma altura.
- (ii) a pressão não é afectada pela forma do vaso.

Princípio de pascal

Uma mudança de pressão aplicada a um fluido fechado é transmitida integralmente à todos os pontos do fluido e as paredes do recipiente.

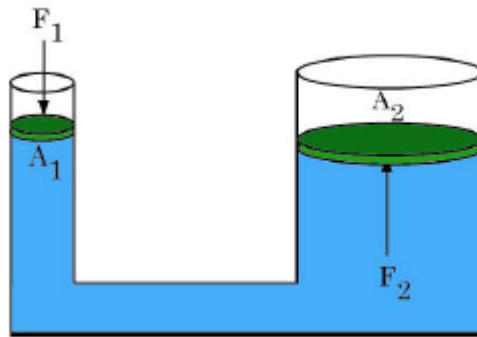


Figura 3 – A prensa hidráulica

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A} = \frac{F_2}{A}$$

Medição de Pressão

Um instrumento simples de medir a pressão é o manómetro tubo-aberto mostrado abaixo.

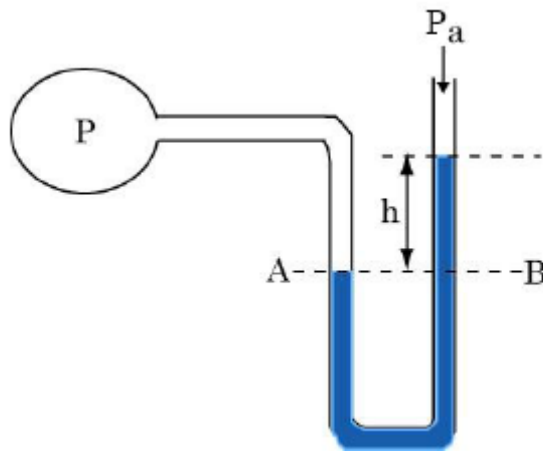


Figura 4 – O manómetro tubo-aberto

Uma das terminais do tubo em forma de U contendo o líquido é aberta a atmosfera e a outra extremidade é conectada a um sistema de pressão P desconhecida. A pressão no ponto B é igual a $P = P_a + \rho gh$ onde ρ é a densidade do fluído. Mas a pressão em B é igual a pressão em A.



$$P_A = P_B$$

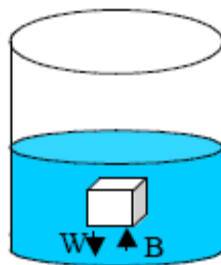
$P = P_a + \rho gh$. A pressão P é chamada pressão absoluta enquanto que $P - P_a$ é chamada a medida da pressão.

Forças de Impulsão e Princípio de Arquimedes

O princípio de Arquimedes pode ser enunciado como segue:

Um corpo completamente ou parcialmente submerso em fluido sofre impulsão de uma força igual ao peso do líquido deslocado.

Em outras palavras a magnitude de impulsão é igual ao peso do líquido deslocado pelo objecto.



$B = P = W = \rho_l Vg = mg$ onde V é o volume do cubo e ρ_l é a densidade do líquido, m é a massa da água e W é o peso do volume do líquido deslocado.

Caso 1: Objecto totalmente mergulhado

Quando um objecto está totalmente submerso num líquido de densidade ρ_f , força de impulsão é dada por $P = \rho_f V_0 g$, onde V_0 é o volume do objecto. Se o objecto tem densidade ρ_0 , seu peso é igual a $P = mg = \rho_0 V_0 g$ e a força resultante no corpo é $P - W = (\rho_f - \rho_0) V_0 g$. Por isso a densidade do objecto é menor que a densidade do líquido. O objecto livre vai acelerar para cima. Se a densidade do objecto for maior que a densidade do líquido, o objecto livre vai afundar.

Caso 2: Flutuação de um objecto

Considere um objecto em equilíbrio estático flutuando num líquido; este objecto está parcialmente submerso. Neste caso, a força de impulsão é equilibrada pelo peso do objecto dirigido verticalmente para baixo. Se V_f é o volume do líquido deslocado pelo objecto, então a força de impulsão tem a



magnitude dada por $P = \rho_f V g$. Dado que o peso do objecto é $P_c = mg = \rho_0 V_0 g$ e $P = P_c$ assim $\rho_f V g = \rho_0 V_0 g$ ou $\frac{\rho_0}{\rho_f} = \frac{V}{V_0}$

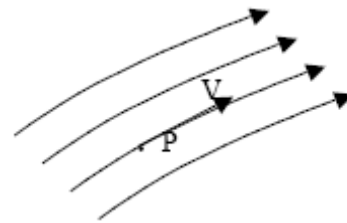
Dinâmica dos Fluidos

Quando um fluido está em movimento, sua fluidez pode ser um dos dois tipos principais:

- (i) fluidez estável que é um fluxo onde cada partícula do fluido flui em caminho e os caminhos de diferentes partículas não se cruzam uns com os outros.
- (ii) fluidez não-estável ou turbulenta que é um fluxo irregular caracterizado por umas pequenas regiões como piscinas rotacionais.

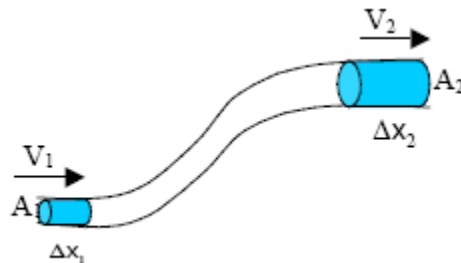
Linhas de conduta

O caminho tomado por uma partícula de fluido num fluido estável chama-se linha de conduta. A partícula **P** flui numa destas linhas de conduta, e sua velocidade **V** é tangente à linha de conduta em cada ponto ao longo do caminho



A Equação de Continuidade

Considere um fluido que flui através de um tubo de secção transversal não – uniforme.



As partículas no fluido movem-se ao longo das linhas de conduta num fluido estável. Em todos os pontos a velocidade das partículas é tangente às linhas de conduta nos quais se move. Num pequeno intervalo de tempo Δt , o fluido na extremidade mais baixa do tubo move-se uma distância $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$. Se A_1 é a



secção transversal nesta região, então a massa contida na região sombreada é $\Delta m_1 = \rho_1 A_1 \Delta x_1 = \rho_1 A_1 v_1 \Delta t$. De modo similar o fluido move-se na extremidade mais acima do tubo $\Delta m_2 = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t$. Não obstante, como a massa conserva-se e porque a fluidez é estável, a massa que atravessa A_1 no tempo Δt deve ser igual a massa que atravessa A_2 no tempo Δt . Por isso $\Delta m_1 = \Delta m_2$ ou $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$. Esta é a equação de continuidade: $A_1 v_1 = A_2 v_2$.

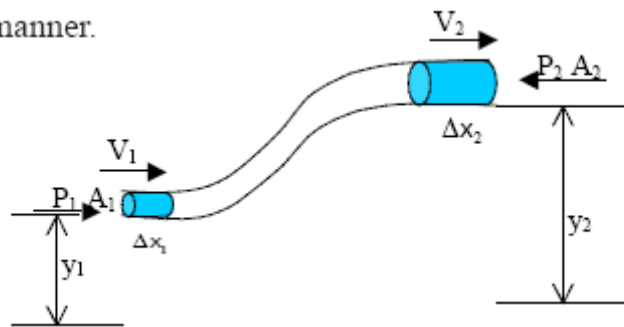
O produto da área pela velocidade do fluido em todos os pontos ao longo do tubo é uma constante.

Equação de Bernoulli

A medida que o fluido se move através do tubo de elevação e de secção transversal variável a pressão vai mudando ao longo do tubo.

Devemos assumir que o fluido não é compressível e não é viscoso e que flui de uma forma não rotacional, de maneira estável.

manner.



Considere o fluxo através de um tubo não-uniforme num tempo Δt . Por isso a força na extremidade mais baixa do fluido é $P_1 A_1$ onde P_1 é a pressão no ponto P_1 . O trabalho feito por esta força

$W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta x_1 = P_1 \Delta V$, onde ΔV é o volume da região sombreada de baixo. De modo similar, o trabalho feito no fluido na extremidade superior do tubo no tempo Δt é dado por $W_2 = F_2 \Delta x_2 = -P_2 A_2 \Delta x_2 = -P_2 \Delta V$. Este trabalho é negativo dado que a força do fluido se opõe ao deslocamento. Por isso o trabalho resultante feito por esta força no tempo Δt é $W = (P_1 - P_2) \Delta V$, parte deste trabalho é responsável pela mudança da energia cinética do fluido, e parte em mudar a energia potencial responsável. Se Δm é a massa passando pelo tubo no tempo Δt , então a mudança na energia cinética é

$$\Delta k = \frac{1}{2} (\Delta m) v_2^2 - \frac{1}{2} (\Delta m) v_1^2$$

A mudança em sua energia potencial é $\Delta P = \Delta m g y_2 - \Delta m g y_1$



Podemos aplicar o teorema de trabalho de energia na forma $W = \Delta k + \Delta u$ para o volume do fluido e teremos:

$$(P_1 - P_2)\Delta V = \frac{1}{2}(\Delta m)v_2^2 - \frac{1}{2}(\Delta m)v_1^2 + \Delta mgy_2 - \Delta mgy_1$$

Se dividirmos cada termo por ΔV , e lembrar que $\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$ a expressão acima

reduz-se a $P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_2 - \rho gy_1$ se rearranjarmos os termos

teremos $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gy_2$. Esta é a equação de Bernoulli, como é aplicada a um fluido não - viscoso, incompressível que flui de modo estável. E muitas vezes apresentada como $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{constante}$.

A equação de Bernoulli afirma que a soma de pressão (P), a energia cinética por unidade de volume $\frac{1}{2}\rho v^2$ e a energia potencial por unidade de volume ρgy tem o mesmo valor em todos os pontos de uma linha de conduta.

Quando o fluido está em repouso teremos $P_1 + v_1 = v_2 = 0$ e a equação acima toma a forma $P_1 - P_2 = \rho g(y_2 - y_1) = \rho gh$ o que concorda com a equação de Bernoulli.

Actividades de Aprendizagem

Tarefa 2.1 - Cálculo da velocidade num fluido que flui.

(a) Um tubo de água de 2 cm de diâmetro é usado para encher um balde de 20 litros. Se o balde é enchido em 1 minuto, qual é a velocidade da água ao deixar o tubo?

(b) Se o diâmetro do tubo for reduzido a 1 cm, qual será a velocidade da água quando deixa o tubo, assumindo a saída que flui o mesmo rácio.

Tarefa 2.2 – Usando o principio de Arquimedes para comparar densidades

(a) Uma esfera de plástico flutua em água com 0.5 do seu volume submerso. A mesma esfera flutua em óleo com 0.4 do seu volume submerso. Determine o rácio das densidades de óleo e esfera.



(b) Um cubo de madeira que um dos seus lados mede 20 cm tem a densidade de 0.65×10^3 flutua em água.

- i. Qual é a distância do topo do cubo até ao nível de água?
- ii. Que peso deve ser colocado no topo do cubo para que o topo fique no nível de água?

Tarefa 2.3 - Usando equações da dinâmica dos fluidos para resolver problemas:

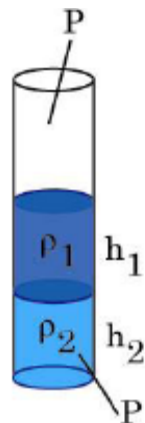
1 – Determine a pressão absoluta no fundo de um lago com 30m de profundidade.

2 – Uma piscina tem as dimensões 30m x 10m e um fundo horizontal. Quando a piscina é enchida até a profundidade de 2m com água fresca, qual é a força total no fundo devido a água? Em cada extremo? Em cada lado?

3 – Uma tampa de um mecanismo de medir a pressão tem a força de 1000N/m, e o pistão tem o diâmetro de 2cm. Encontre a profundidade na água para o qual o mecanismo é comprimido em 0.5cm.

Tarefa 2.4 – Use as equações da dinâmica dos fluidos para resolver...

Este tubo vertical aberto mostrado na figura abaixo contém dois fluidos de densidade ρ_1 e ρ_2 que não se misturam. Mostre que a _____ no fundo $h_1 + h_2$ é dado pela expressão $P = P_a + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$





Avaliação Formativa 2

1. A água através de um tubo horizontal flui com um rácio de $2\text{m}^3/\text{min}$. Determine a velocidade com que a água flui num ponto onde o diâmetro do tubo é:
 - (a) 10 cm
 - (b) 5 cm
2. Qual é a força hidrostática nas comportas de uma barreira de água se o reservatório tem uma profundidade de 150 m e a largura de 1200m?
3. Calcule a força de impulsão em objecto sólido feito de cobre com o volume de $0,2\text{m}^3$ se está submerso na água. Qual seria o resultado se o objecto fosse feito de aço?
4. No ar, um objecto pesa 15N. Quando imerso na água o mesmo objecto pesa 12N. Quando imerso em um outro líquido pesa 13N. Encontre:
 - a. A densidade do objecto e
 - b. A densidade do outro líquido.

Actividade 3: Propriedades de transporte

Precisará de 25 horas para completar esta actividade. Nesta actividade é conduzido por uma série de leituras, clips de multimédia, exemplos trabalhados e questões e problemas de auto-avaliação. É fortemente encorajado a seguir todas as actividades e a consultar todo o material compulsório entre outros *links* e referências.

Objectivos específicos de ensino e aprendizagem:

- ✓ Analisar o movimento de uma partícula em um fluido;
- ✓ Descrever as propriedades relativas dos sólidos, líquidos e gases;
- ✓ Discutir o efeito de calor em materiais – p.e. calcular a expansão térmica;
- ✓ Calcular a concentração efectiva dos electrões móveis em metais, ligas e semicondutores.



Resumo da actividade de aprendizagem

Nesta actividade os estudantes vão aprender as propriedades de transporte dos gases (moléculas) num sistema considerando que a difusão, viscosidade e condução de calor como um processo de transporte. Em adição a isto vão usar uma abordagem matemática para descrever em detalhe a condução e a expansão térmica dos metais. O transporte de electrões é discutido em termos de concentração efectiva dos electrões móveis em metais, ligas e semicondutores.

Conceitos-chave

Difusão: É o movimento de partículas a partir do potencial químico mais elevado para o potencial químico mais baixo (o potencial químico pode, em muitos casos de difusão, ser representado pela mudança na concentração). Uma carga eléctrica é um atributo da matéria que produz uma força.

Osmose: Se duas soluções de concentrações diferentes são separadas por uma membrana semipermeável a qual é permeável para as moléculas menores solventes, mas não para as moléculas maiores solúveis, então o solvente vai tender para a difusão através da membrana a partir da menos concentrada para a mais concentrada solução. Este processo é chamado osmose.

Difusão de electrões: resulta em corrente eléctrica

Condução de Calor: A condução de calor é também um processo de difusão no qual uma energia térmica arbitrária é transferida a partir da região mais quente para a mais fria sem o movimento das próprias moléculas.

O movimento viscoso: de um fluído pode ser muito mais complicado que a difusão ou condução de calor e nós seremos forçados a considerar apenas a equação do estado estável.

Expansão térmica dos sólidos ou de um corpo: é a consequência da mudança na separação média entre seus átomos ou moléculas constituintes.

Condutividade eléctrica: é a habilidade de diferentes tipos de materiais de conduzir uma corrente eléctrica.

Semicondutores: são materiais cuja condutividade está entre a dos condutores (em geral metais) e a dos não condutores ou isoladores.

Liga: é um metal composto por mais de um elemento.

Termos chave



- ✓ Momento de difusão.
- ✓ Movimento Browniano
- ✓ Equação de Difusão
- ✓ Lei de difusão
- ✓ Fluxo de calor
- ✓ Osmose
- ✓ Pressão osmótica
- ✓ Fenómeno de transporte

Lista das Leituras Relevantes

Referência: Viscosidade

Abstracto: Viscosidade é a resistência ou a fricção interna entre moléculas. A viscosidade pode ser medida por um instrumento chamado viscosímetro. Alguns líquidos como água tem baixa viscosidade enquanto outros líquidos como mel tem alta viscosidade. A viscosidade será afectada pela temperatura. A temperaturas elevadas, a viscosidade diminui à medida que as moléculas adquirem mais energia cinética que lhes permitem passar ao lado um de outro rapidamente.

Lista dos Recursos Relevantes

Referência: - <http://video.google.com/videoplay?docid=-4559185597114887235&q=electric+charge&hl=en>

Sumário: Este recurso é um show de vídeo de cargas eléctricas

Referência: - ...http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_conductivity.

Sumário: Para analisar a condutividade dos materiais expostos a um campo eléctrico alternado.

Introdução à Actividade

A difusão é o transporte de materiais ou químicos pelo movimento das moléculas. Se as moléculas de um elemento químico se apresentam aparentemente em repouso num fluido, elas exibem a nível microscópico um



movimento desordenado devido aos choques aleatórios de outras moléculas no fluido. As partículas individuais ou moléculas, algumas vezes, seguem caminhos conhecidos por “caminhos aleatórios”.

Nestes processos, a substância inicialmente concentrada numa área dispersa-se. Isto é, haverá um transporte da substância de regiões de alta concentração para regiões de baixa concentração.

Uma forma análoga à difusão é chamada condução. Neste caso, calor é a “substância” transportada pelo movimento das moléculas. Como numa difusão de substância o calor migra da região de alto calor para a região de baixo calor. A matemática que descreve tanto a condução como a difusão é a mesma.

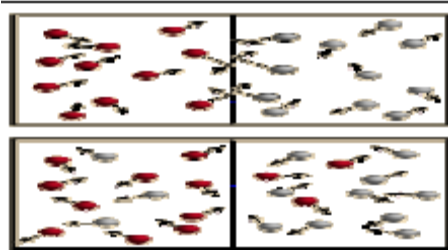


Figura 1 Considere dois recipientes de gás A e B separados por uma divisão. As moléculas de ambos os gases estão em constante movimento e fazem numerosas colisões com a partição.

Descrição detalhada da actividade (Elementos teóricos principais)

Gases Líquidos e Sólidos

Como uma classificação útil mas não completa pode se dizer que a matéria existe em três estados, gás, líquido ou sólido. Esta afirmação é justificada pelo facto de que existem muitas substâncias que podem experimentar transições rápidas e facilmente identificáveis e reversíveis de um estado para outro. A água é um exemplo clássico: seu congelamento e fusão, ebulição e condensação tem sido contemplados desde os tempos dos antigos cientistas da Grécia. Existe um contraste óbvio entre as propriedades do gelo, água e vapor de água que fazem a descrição deles como sólido, líquido e gás não ambígua. De modo similar, muitos metais são sólidos, eles fundem em condições bem definidas de temperatura e pressão para a forma de líquido e fervem a altas temperaturas para produzirem gases.



Se todas as substâncias possuísem claras demarcações, seria fácil definir os três estados da matéria. Mas há muitas substâncias como vidros ou colas que normalmente pensamos neles como sólidos, que não fundem a temperaturas bem altas; mas quando aquecidas tornam-se gradualmente plásticos até que se tornem em líquido. Outros sólidos tais como madeira ou pedra não são homogêneos e é difícil descrever a estrutura deles em detalhe.

Propriedades e estrutura dos gases

Os gases têm baixa densidade, eles são altamente compressíveis sobre um largo espectro de volume, eles têm uma baixa viscosidade e nenhuma rigidez. As moléculas são usualmente a grande distância separadas comparadas com seus diâmetros e não existe nenhuma regularidade no seu arranjo no espaço. Dada as posições de duas ou três moléculas, não é possível prever onde a próxima será encontrada com precisão. As moléculas estão divididas aleatoriamente através de todo o volume. A baixa densidade pode ser prontamente compreendida em termos de comparativamente pequeno número de moléculas por unidade de volume. A alta compressibilidade segue do facto de a distância média entre as moléculas poder ser alterada num intervalo bastante largo. As moléculas podem mover-se longas distâncias sem encontrar uma outra, assim existe pequena resistência ao movimento de qualquer tipo, que é a base da explanação de baixa viscosidade.

Propriedades e estrutura dos líquidos

Os líquidos têm maiores densidades que os gases e sua compressibilidade é baixa. Não têm nenhuma rigidez mas sua viscosidade é maior que a dos gases ordinários. As moléculas estão empacotadas muito próximas e cada molécula está ligada com um certo número de moléculas vizinhas, mas mesmo assim o padrão como um todo é uma desordem. As moléculas movem-se com a mesma ordem de velocidade como num gás com a mesma temperatura, apesar de que o movimento é agora parcialmente na forma de rápidas vibrações e parcialmente na translação.

Propriedades e estrutura dos sólidos

Os sólidos têm praticamente a mesma densidade e compressibilidade como os líquidos. Em adição são rígidos; quando submetidos a pequenas forças não mudam a sua forma.

Uma importante propriedade destes sólidos que têm um ponto de fusão bem definido é que estão bem preenchidos e com um arranjo altamente regular. As substâncias que não fundem rapidamente mas mostram uma transição gradual



para o líquido quando aquecidos são ditos amorfos e não mostram nenhum traço de regularidade no formato exterior.

Em sólidos cristalinos, as moléculas são arranjadas num padrão ou rede de regularidade tridimensional, se o cristal foi preparado cuidadosamente, o arranjo regular persiste ao longo da distância de vários milhares de moléculas em qualquer direcção antes de uma irregularidade, mas se foi submetido a uma distorção ou deformação o arranjo regular pode ser perfeito e sem interrupção ao longo de distâncias médias mais curtas. Em metais, os iões estão empacotados muito próximos uns dos outros de tal sorte que a distância entre o centro de qualquer ião e o de vizinho mais próximo é igual ao diâmetro de um ião, ou algum valor próximo. Em outros cristais, o empacotamento próximo das moléculas pode ser relativamente aberto, mas mesmo nos sólidos leves tais como o gelo a distância entre os centros de qualquer molécula e seu vizinho mais próximo é apenas o dobro do diâmetro da molécula. Nos sólidos, as moléculas estão outra vez movendo-se com a mesma ordem de magnitude de velocidade como nos gases ou líquidos, mas o movimento é confinado à vibração em torno das posições médias.

Processos de transporte

Até agora aprendemos as propriedades dos sólidos, líquidos e gases que estão em equilíbrio. Nesta actividade vamos lidar com sistemas que estão muito próximos mas não exactamente em equilíbrio no qual a densidade (ou a temperatura ou momento médio) das moléculas varia de lugar para lugar. Sob estas circunstâncias, existe a tendência para se eliminarem as não-uniformidades através do *transporte* das moléculas baixando o gradiente de concentração (ou a energia média deles baixando o gradiente de temperatura ou a média do momento baixando o gradiente de velocidade).

Difusão

Difusão é o movimento de moléculas a partir da região onde a concentração é alta para onde é baixa para reduzir o gradiente de concentração. Este processo pode ocorrer nos sólidos, líquidos e gases (apesar de que com este fenómeno estamos mais preocupados com os gases). A difusão é claramente independente da dimensão de movimento como vento ou corrente de convecção ou qualquer distúrbio originado pelas diferenças de densidade ou pressão ou temperatura (apesar de que na prática estes efeitos são devidos à difusão).



Um gás pode se difundir pelo outro quando os dois têm a mesma densidade. Por exemplo, o monóxido de carbono e o nitrogénio ambos têm o mesmo peso molecular 28, assim não existe a tendência para um ou outro gás elevar-se ou afundar-se devido a diferença da densidade: mas mesmo assim difundem-se um no outro. A difusão pode também ocorrer quando uma superfície do fluido mais denso está inicialmente abaixo da superfície do fluido menos denso de tal modo que a difusão tem de ocorrer em oposição a gravidade. Por isso, se a superfície de nitrogénio está abaixo da do hidrogénio, um extracto mais pesado abaixo do mais leve, então depois de algum tempo é possível detectar algum hidrogénio em baixo e algum nitrogénio em cima e depois de muito tempo ambas as superfícies estarão praticamente uniformes em concentração.

Os coeficientes de difusão dos gases α e β podem ser medidos com um arrançamento geométrico adequado de dois vasos com uma concentração inicial diferente em conjunto com alguns métodos de medir essas concentrações tal como o método de substância ou espectroscopia de massa, por exemplo. Se o rácio de mudança de concentração com o tempo é esquematizado, o coeficiente de difusão pode ser deduzido; as equações que descrevem o processo são dadas na equação de difusão

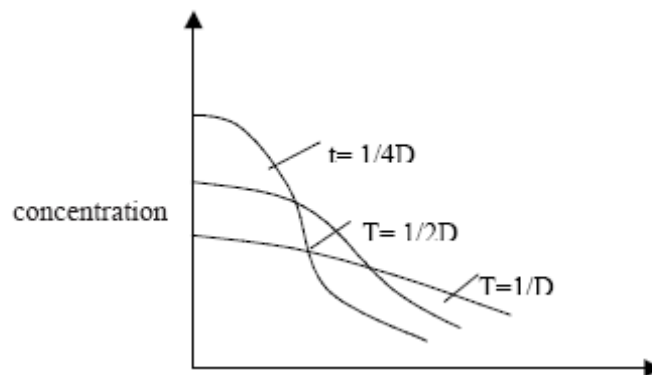


Figura 2 – Concentração como função de x para valores diferentes de tempo t

A equação de difusão

Vamos começar pelo ponto de vista macroscópico do fenómeno, que é, vamos escrever as equações que envolvem tais variáveis como concentração ou fluxos mas que não vão mencionar especificamente moléculas individuais. Definimos a concentração α como o número de moléculas n por unidade de volume. Consideremos o caso simples onde n varia com uma coordenada apenas o eixo do x . Na Figura 1, a concentração em todos os pontos no plano é n , em $(x + dx)$



é $(n + dn)$. Depois a difusão ocorre baixando o gradiente de concentração de alto para a baixa concentração; assumimos a ausência de quaisquer distúrbios no volume. Em seguida definimos o fluxo J de partículas como o número de partículas que atravessa em média a unidade de área por segundo na direcção do aumento de x . Note que ambos, concentração e fluxo, podem ser medidos em moles em vez de número de moléculas: isto equivale a dividir todas as nossas equações pelo número de Avogadro N .

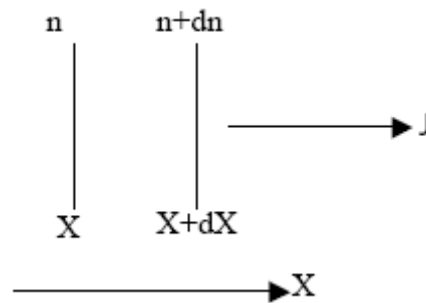


Figura 3 – Coordenadas usadas na definição de difusão

Em geral, o fluxo J pode mudar com a posição x e pode também mudar com o tempo t . Em outras palavras, J pode ser função de x e de t por isso escrevemos isso como $J(x,t)$. Certamente que existem circunstâncias onde J pode ser o mesmo para todos os x ou onde ele é constante com o tempo, mas a situação mais geral é que J depende de ambos.

É um facto experimental que, em qualquer instante o fluxo em qualquer posição x é proporcional ao gradiente de concentração aí existente:

$$J(x,t) \propto -\frac{\partial n}{\partial x} \quad \text{ou} \quad J(x,t) = -D \frac{\partial n}{\partial x} \quad \text{onde } D \text{ é chamado o coeficiente de difusão.}$$

Isto é conhecido como a lei de Fick.

A Eq. (3.1) é autónoma para descrever as condições do ‘estado-equilíbrio’ onde as correntes e concentrações não variam com o tempo de tal modo que o fluxo pode ser escrito como $J(x)$. Por exemplo, se num tubo de comprimento l cm com secção transversal constante de área A cm² são continuamente introduzidas moléculas numa das suas extremidades e extraídas em outra extremidade no mesmo rácio, o gradiente de concentração fica $-\frac{\Delta n}{l}$, onde Δn



é a diferença de concentração entre as duas extremidades. O número de partículas atravessando qualquer plano no tubo por segundo é então $-DA \frac{\Delta n}{l}$ e isto não muda com o tempo.

Considere contudo a situação muito mais geral onde inicialmente é estabelecida uma distribuição de concentração e depois subseqüentemente as moléculas difundem tentando alcançar uma concentração uniforme. As concentrações, por isso, mudam com o tempo e as partículas devem estar acumulando-se na região entre x_0 e $(x_0 + dx)$ ou movendo-se a partir dessa região. Por isso, o número atravessando a área A do plano x_0 não é o mesmo que aquele que atravessa a mesma área em $(x_0 + dx)$. O fluxo entrando este volume é $J_{x_0} = -D \left(\frac{\partial n}{\partial x} \right) dx + \dots$ e podemos desprezar os termos de ordem

superior. O rácio do movimento de moléculas a partir da porção é igual a diferença entre os dois valores AJ , e também é igual ao volume da porção, $A dx$, multiplicado pelo rácio do decrescimento de n : $-\frac{\partial J}{\partial x} A dx = \frac{\partial n}{\partial t} A dx$ isto é

$$\frac{\partial J}{\partial x} = -\frac{\partial n}{\partial t} \quad (3.2).$$

Combinando esta equação com a equação (3.1) e eliminando

$$J \text{ obtém-se: } \frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(-D \frac{\partial n}{\partial x} \right) = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} \quad (3.3)$$

se assumirmos que D é uma constante independente da concentração. Esta é a chamada equação de difusão, e dado que n depende de x e t poderia ser escrita como $n(x,t)$. Se o processo ocorre em 3 dimensões, J é o vector cujas componentes são (J_x, J_y, J_z) e as equações transformam-se em:

$$J = iJ_x + jJ_y + kJ_z = -D \left(i \frac{\partial n}{\partial x} + j \frac{\partial n}{\partial y} + k \frac{\partial n}{\partial z} \right) = -D \text{grad} n$$

onde $i, j,$ e k são

$$-\frac{\partial n}{\partial x} = \frac{\partial J_x}{\partial x} + \frac{\partial J_y}{\partial y} + \frac{\partial J_z}{\partial z} = \text{div} J$$

vectores unitários paralelos aos eixos dos x, y e z . Eliminado J obtém-se:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\text{div}(-D \text{grad} n) = D \nabla^2 n = D \left(\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial z^2} \right)$$



Por isso temos um sistema de três dimensões. (3.1) é uma lei experimental unindo o fluxo em qualquer ponto com o gradiente de concentração aí existente. (3.2) é a equação de continuidade exprimindo o facto de que as moléculas não podem desaparecer, e (3.3) combina estas duas equações; mas, para os casos gerais, podemos usar a equação (3.3).

Estas são as equações típicas de transporte com a precaução de para a energia e o momento de difusão, os coeficientes nas três dimensões não são todos idênticos como o são aqui.

Condução de calor

O calor pode ser transferido por condução, convecção e radiação. O processo de transferir o calor através do corpo é chamado condução térmica. A propriedade física conhecida por condutividade térmica é a medida de quão eficiente o material vai conduzir calor através de si. A condutividade térmica da substância é definida como a quantidade de calor transferida por unidade de área por unidade de tempo pela unidade de gradiente de temperatura através do corpo. Matematicamente a condutividade pode ser tratada de modo similar que a difusão resultando em tipos de funções matemáticas muito similares. A condutividade térmica é muito importante quando desenhamos o preenchimento térmico, a isolamento térmica, a transferência de calor e sistemas de arrefecimento.

A condução de calor é também um processo de difusão na qual uma energia térmica aleatória é transferida a partir da região mais quente para a região mais fria sem o movimento do corpo ou das próprias moléculas. Na região quente de um corpo sólido, as moléculas têm uma energia cinética extra. Pelo processo de colisão, esta energia é partilhada com e transferida para as moléculas vizinhas de tal modo que o calor se difunda através do corpo apesar de que as próprias moléculas não emigram. A equação macroscópica descrevendo a condução numa dimensão x são, em primeiro lugar a lei experimental para o fluxo de calor $Q = -k \frac{\partial T}{\partial x}$ (3.4) (onde Q é o fluxo de calor pela unidade de área, medida em Wcm^2 , k é a condutividade térmica e T é a temperatura) e em segundo lugar a equação de continuidade $\frac{\partial Q}{\partial x} = -C_p \frac{\partial T}{\partial t}$ (3.5) a qual expressa a conservação da energia na forma de que o calor que é absorvido por uma porção de corpo eleva a temperatura no interior do corpo. C é o calor específico por unidade de massa, ρ é a densidade de tal modo que C_p é o calor



específico por unidade de volume combinando estas duas equações para eliminar Q temos:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \left(\frac{k}{C_p} \right) \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3.6) \quad \text{onde} \quad \left(\frac{k}{C_p} \right) \text{ é chamado a difusividade térmica pela}$$

analogia com a Eq (3.3). A Eq (3.4) é apropriada para as condições de equilíbrio, como quando por exemplo o calor é fornecido numa das extremidades de uma barra e extraído da outra extremidade e todas as temperaturas são constante com o tempo, e T pode ser calculado como função de x apenas. Mas quando as condições não são estáveis, e T varia com o tempo assim como com a posição, a Eq (3.6) descreve a situação.

Viscosidade

Para completar, um terceiro processo simples de transporte, o momento de difusão pelas forças viscosas vai ser mencionado de forma breve. Os movimentos viscosos dos fluidos podem ser muito mais complicados que a difusão ou condução de calor e seremos obrigados a considerar apenas a equação do estado de equilíbrio γ os ângulos entre as direcções axiais.

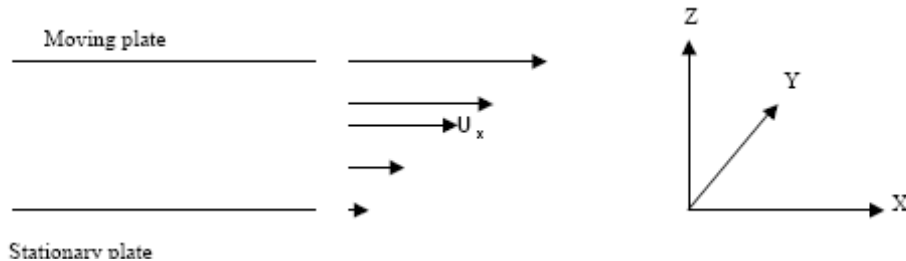


Figura 4 – Coordenadas usadas na definição de viscosidade.

Considere um gás ou um líquido confinado entre duas tampas paralelas (Fig 4). Consideremos a tampa de baixo estacionária e a de cima movendo-se na direcção mostrada, que designaremos po direcção x . As moléculas do líquido muito próximas da tampa serão puxadas com a tampa e terão uma velocidade de esvaziamento, U_x paralela a x , sobrepostos nas suas velocidades térmicas. Vamos assumir que U_x é muito menor que a velocidade térmica média ou da velocidade do som. As moléculas do fluido próximas da tampa estacionária vão, contudo, permanecer mais ou menos com a velocidade de esvaziamento nula.

Eventualmente um regime será estabelecido no qual existe um gradiente de velocidade contínua ao longo do fluido desde a base ao topo. Neste estado as



moléculas vão continuamente difundir ao longo do espaço entre as tampas e tomando o seu momento de esvaziamento com eles. Considerando uma área paralela ao plano xy no fluido, as moléculas que difundem a partir de cima para baixo vão ter maior momento de esvaziamento do que aqueles que difundem a partir de baixo para cima. Em outras palavras, a frente que se move mais rapidamente tende a levar consigo a frente que se move mais devagar com ela, por causa da difusão de momento.

Em termos macroscópicos, a pressão de divisão (força por unidade de área) é necessária para manter este estado de movimento. A lei experimental é

$$P_{xz} = \eta \frac{\partial U_x}{\partial z} \quad (3.7)$$

onde P_{xz} é a força por unidade de área na direcção x devido

ao gradiente de U_x na direcção z e η é chamado coeficiente de viscosidade. Providenciada a direcção de força é claramente compreendido que não é necessário incluir o sinal menos como este depende da convenção para a escolha dos eixos x .

Começamos por considerar um fluido na Figura 4, mas a Eq (3.7) pode ser aplicada nos sólidos porque o lado direito pode ser escrito como $\frac{d\theta}{dt}$ onde θ é o ângulo de corte. É difícil imaginar um sólido sujeito a um corte que vai aumentando com o tempo, mas é muito comum os sólidos serem divididos e de um modo oscilatório. As forças são então requeridas a providenciarem acelerações, mas em qualquer caso as forças de viscosidade dão lugar a dissipação de energia e a produção de calor. É usual referir-se a isto como devido a fricção interna dos sólidos.

A Figura 4 implica que $\frac{\partial U}{\partial z}$ é uma constante e que U_x aumenta proporcionalmente a z . Isto é assim se o coeficiente η é constante. Para muitos líquidos isto acontece, mas existem excepções notáveis quando η varia com o gradiente de velocidade ou o rácio de corte de tal modo que a característica da velocidade não é linear.

Quando chegamos ao ponto de escrever as equações representando o movimento do fluido enquanto não está no estado estável mas acelerando, encontramos uma situação que é muito mais complicada que os casos de difusão ou de condução de calor. Para uma coisa, existe sempre termos de aceleração-massa que não tem análogo em outro fenómeno. Para um outro, uma espécie de regime pode ser estabelecida onde o fluxo não é uma linha de



conduta como ilustrado na Figura 4, mas turbulento, e onde são presentes e remoinhos o que adiciona um elemento de aleatoriedade ao padrão de fluidez. Podemos contudo de um modo útil adoptar uma representação matemática da situação simples da Fig 4. Podemos imaginar o líquido dividido em superfícies, cada uma escorregando sobre outra no interior do líquido em rolantes imaginários como longos círculos paralelos ao eixo dos y. Estes rolantes não estão lá no sentido real, mas podem nos conduzir a definir uma quantidade chamada ‘vorticity’ a qual sempre está presente em fluído, fluindo mesmo quando não existem remoinhos macroscópicos. (No caso simples como na Figura 4 a vorticity degenera em gradiente de velocidade). Agora, em caso geral de um fluído em aceleração com uma velocidade não uniforme é a vorticity que se difunde através do líquido, apesar de que a equação que obedece não está numa forma simples.

Tarefa 3.1 Medição da velocidade dos gases

Nesta experiência clássica para medir a viscosidade dos gases a baixas pressões, Maxwell usou o aparelho de torção no qual um número de discos circulares de vidro foram arranjados para se mover entre os fixos. (Fig 5). Ele encontrou o coeficiente de deposição de oscilação. Se desprezarmos a energia perdida no próprio fio de torção e assumir que os discos poderiam se mover por um tempo longo, se todo o gás fosse removido, nós podemos calcular a deposição como segue:

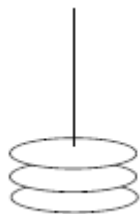


Figura 5 – Princípio do aparelho de medição de viscosidade pela deposição da oscilação de torção.

Considere uma superfície de um prato e seleccione um anel nulo entre o raio r e $(r + dr)$. Então (assumindo um fluxo em linha de conduta) a força neste anel nulo cuja área é $2\pi r dr$ é $dF = \frac{\eta(r\omega)}{d}(2\pi r dr)$ (3.8) onde a velocidade linear é $r\omega$, ω sendo a velocidade angular e d é o espaço entre o movimento adjacente e



as superfícies estacionárias. A contribuição da dupla é a dupla de raio multiplicada pela força: $dG = \frac{2\pi\eta\omega}{d} r^3 dr$ (3.9) e a dupla total

$$\text{é: } \frac{2\pi\eta\omega}{d} \int_0^a r^3 dr = \frac{\pi\eta\omega}{2d} a^4 \quad (3.10) \quad \text{Onde } a \text{ é o raio de disco. Se existem } n$$

discos, cada um com duas superfícies existem $2n$ contribuições.

Soluções da equação de difusão: A lei de \sqrt{t} (1.4)

Considere a figura 3.3. As coordenadas usadas na definição do comprimento de difusão ao longo do eixo dos x e as extremidades estão em $x = 0$ e $x = x + dx$. Na face $x = 0$, N_0 moléculas estão inicialmente concentrados numa superfície fina e são subsequentemente permitidos difundir dentro do material. Vamos denotar o número no tempo t os quais estão dentro da porção entre x e $(x + dx)$ por $n(x,t)A dx$. Então a solução apropriada da Eq (3.3) mostra que a

$$\text{concentração } n(x,t) = \frac{N_0}{A(\pi Dt)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}} \quad (3.11)$$

Podemos por isso calcular a distância média resultante percorrida pela molécula em qualquer tempo t .

$$\bar{x}(t) = \frac{A}{N_0} \int_0^\infty x n(x,t) dx \text{ e encontramos } \bar{x}(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (Dt)^{\frac{1}{2}}. \text{ Encontramos que a}$$

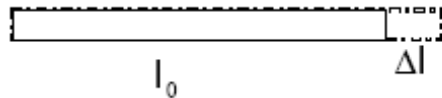
distância média resultante percorrida é proporcional a raiz quadrada do tempo. Este é provavelmente um resultado inesperado: estamos habituados a viajar duas vezes quando o tempo é duplicado mas, para os processos aleatórios de difusão não é assim. Certamente algumas moléculas vão mais longe do que isto, outras muito menos, é a média que nós calculamos. Dito de outro modo, o nosso resultado mostra que para difundir uma distância média X , o tempo requerido é proporcional a x^2 . Esta é uma importante característica dos processos de difusão.

Expansões térmicas dos sólidos e líquidos

Muitos sólidos expandem à medida que suas temperaturas aumentam. A expansão térmica dos sólidos ou de um corpo é a consequência da mudança na separação média entre os constituintes átomos ou moléculas. Suponha que a dimensão linear do corpo ao longo de algumas direcções é l para algumas

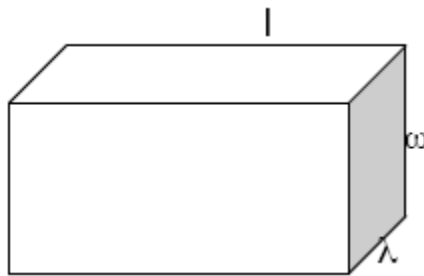


temperaturas. O comprimento aumenta por uma quantidade Δl para uma mudança na temperatura de ΔT .



Assim $\Delta l = \alpha l \Delta T$ onde α é o coeficiente de expansão linear dos sólidos.

A expansão linear do corpo também muda com a temperatura, segue que a área e o volume do corpo também mudam com a temperatura.



$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \beta \text{ é o coeficiente da expansão de volume}$$

$$\beta = 3\alpha$$

$\beta = 3\alpha$ para sólidos isótopos onde o coeficiente de expansão linear é o mesmo em todas as direcções. Para um volume de lados l , ω , e λ temos

$$+ \Delta V = (l + \Delta l)(\omega + \Delta \omega)(\lambda + \Delta \lambda) = (l + \alpha l \Delta T)(\omega + \alpha \omega \Delta T)(\lambda + \alpha \lambda \Delta T)$$

$$l\omega\lambda(l + \alpha \Delta T)(l + \alpha \Delta T)(l + \alpha \Delta T)$$

$$l\omega\lambda(l + \alpha \Delta T)^3 = l\omega\lambda(l + 3\alpha \Delta T) + 3(\alpha \Delta T)^2 + (\alpha \Delta T)^3$$

$$V(l + 3\alpha \Delta T) + 3(\alpha \Delta T)^2 + (\alpha \Delta T)^3$$

Comparando temos que $(\alpha \Delta T)^3 \ll \alpha \Delta T$ e $\alpha \Delta T^2 \ll \alpha \Delta T$; assim desprezando $(\alpha \Delta T)^3$ e $\alpha \Delta T^2$ teremos $V + \Delta V = [1 + 3\alpha \Delta T + 3(\alpha \Delta T)^2 + (\alpha \Delta T^3)]$

$$\Delta V = [V3\alpha \Delta T + 3(\alpha \Delta T^2) + (\alpha \Delta T^3)]$$

$$\Delta V = V3\alpha \Delta T$$

$$3\alpha = \frac{\Delta V}{V \Delta T}$$



Para uma superfície plana temos que $\Delta A = \partial A \Delta T$

Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica é a habilidade de diferentes tipos de matéria conduzir uma *corrente eléctrica*. A condutividade eléctrica do material é definida como o rácio da corrente por unidade da área da secção transversal pelo campo eléctrico produzindo a corrente. A condutividade eléctrica é uma propriedade intrínseca da substância dependente da temperatura e composição química mas não da quantidade nem da forma.

A condutividade eléctrica é a quantidade inversa à resistência eléctrica. Para qualquer objecto conduzindo electricidade é possível definir a resistência em ohms como a razão da diferença de potencial eléctrico aplicada ao objecto pela corrente atravessando o objecto em amperes. Para uma amostra cilíndrica de um comprimento e área transversal conhecidos, a resistividade é obtida dividindo a resistência medida pelo comprimento e depois multiplicando pela área.

A condutividade (σ) do material é determinada tomando o recíproco da resistência eléctrica medida (R) ao fluxo da electricidade no comprimento (L) do material dividido pela área da secção transversal (A), $\sigma = \frac{1}{R} \left(\frac{L}{A} \right)$.

A condutividade é dependente da temperatura $\sigma_T = \frac{\sigma_{T'}}{1 + \alpha(T - T')}$ onde

$\sigma_{T'}$ é a condutividade eléctrica a uma temperatura comum T'

σ_T é a condutividade eléctrica a uma temperatura medida T

α é a temperatura de compensação inclinação do material

T' é a temperatura comum

T é a temperatura medida.

Os metais em geral tem uma alta condutividade eléctrica. A condutividade eléctrica de cobre a temperatura da sala, por exemplo, ultrapassa 70 milhões de siemens por metro. Ao nível atómico esta condutividade reflecte o carácter único das ligações metálicas nos quais pares de electrões são partilhados não entre pares de átomos, mas entre todos os átomos no metal, e por isso livres de se moverem em grandes distâncias. Muitos metais experimentam uma transição em temperaturas baixas ao estado de supercondutividade, no qual a



resistência desaparece inteiramente e a condutividade torna-se infinita. O processo de supercondutividade envolve o emparelhamento do movimento do electrão com a vibração atômica dos núcleos e os electrões internos para permitir que a corrente resultante flua sem que haja percas de energia.

A condutividade eléctrica no estado líquido é geralmente devida a presença de iões. As substâncias que aumentam a condução iónica quando dissolvidas são chamados electrólitos. A condutividade de um molar de electrólito é da ordem de 0.01 siemens por metro, muito menor que a de um metal, mas mesmo assim muito maior que a de um isolador típico. O cloreto de sódio (sal típico da mesa) composto por iões de sódio e iões de cloreto, é um condutor pobre no estado sólido. Quando dissolvido em água, contudo, torna-se num bom condutor iónico. De igual modo, quando fundido, torna-se num bom condutor. Substâncias como o cloreto de hidrogénio ou ácido acético não são condutores no estado puro mas aumentam os iões e por isso a condutividade eléctrica quando dissolvidos em água. Na electroquímica moderna, substâncias do tipo cloreto de sódio que são na realidade compostos por iões, são designados verdadeiros electrólitos enquanto que aqueles que requerem um solvente para a formação de iões, como cloreto de hidrogénio são chamados potenciais electrólitos.

A unidade de condutividade eléctrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o siemens por metro, onde o siemens é o recíproco de ohm, a unidade de resistência eléctrica, representada pela letra Grega maiúscula omega (Ω). Um nome antigo de siemens é o mho, o qual, certamente, é o ohm soletrado de direita (frente) para esquerda (atrás) (assim dava-se a entender que “é inverso a letra omega)

Semicondutores são materiais que tem a condutividade entre condutores (geralmente metais) e não condutores ou isoladores (como muitos cerâmicos). Os semicondutores podem ser elementos puros, como o silicone ou germânio ou compostos como gallium arsenide ou cadmium selenide. Num processo chamado dopagem, pequenas quantidades de impurezas são adicionados ao puro semiconductor causando largas mudanças na condutividade do material.

Metais e Ligas

Uma liga é um metal composto de mais que um elemento. As ligas na engenharia incluem ferros e aços, ligas de alumínio, ligas de magnésio, ligas de titânio, ligas de níquel, ligas de zinco e ligas de cobre. Esta construção versátil



de materiais tem várias características ou propriedades que consideramos **metálicos**:

- (1) É forte e pode ser prontamente formado em formas práticas.
- (2) Sua extensão, deformabilidade permanente ou **maleabilidade**, é uma importante vantagem permitindo que em vez de carregar pequenas quantidades abruptamente aguente cargas severas. Muitos californianos puderam observar a actividade de moderados terremotos que deixaram janelas (ou relativamente vidros **frágeis**) quebrarem-se enquanto que a armação de aço que os suportava continuava boa.
- (3) Uma superfície de aço cortado de fresco tem o brilho característico do metal;
- (4) Uma barra de metal partilha características fundamentais com outros metais: é um bom condutor de corrente eléctrica. Apesar de que a estrutura de aço é um exemplo especial comum dos metais para engenharia, um pequeno pensamento no assunto produz numerosos outros [tais como ouro, platíneo, lead e tin].

Actividades de aprendizagem

Tarefa 3.1. A distância média percorrida por uma molécula em tempo t qualquer

Calcule a distância média percorrida por uma molécula em tempo t qualquer

$$n(x,t) = \frac{N_0}{A(\pi Dt)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}} \quad \text{equação de difusão}$$

$$\text{Use } \int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}$$

$$\text{Solução } \bar{x} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (Dt)^{\frac{1}{2}}$$

Tarefa 3.2. Derive os coeficientes de expansão de superfície e de volume

a) Para a expansão de volume mostre que:

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$



$$B = 3\alpha$$

b) Para uma superfície plana mostre que $\Delta A = \delta A \Delta T$
 $\delta = 2\alpha$

Tarefa 3.1 Problema

1. Considere a estrutura composta mostrada abaixo. As condutividades na superfície são $k_1 = k_2 = 10 \text{ W/mK}$, $k_3 = 16 \text{ W/mK}$, e $k_4 = 46 \text{ W/mK}$. O coeficiente de convecção do lado direito do composto é $30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Calcule a resistência total e o fluxo do calor através do composto.



2. Um tubo de alumínio de 3m de comprimento está a 20°C . Qual é o comprimento do tubo quando estiver a 100°C ?

3. Uma barra de metal feito de uma liga está para ser usado como termómetro. A 0°C seu comprimento é 40cm, e a 100°C seu comprimento é 40.06cm.

a) Qual é o coeficiente de expansão linear da liga?

b) Qual é a temperatura quando o comprimento é 40.06cm?

4. A 20°C , um anel de alumínio tem o diâmetro interior de 5cm e uma circo de nervura tem o diâmetro de 5.05cm.

a) Até que temperatura deve ser aquecido o anel para que cubra o raio de nervura?

b) Até que temperatura devem ser ambos aquecidos para que o anel de alumínio seja coberto pela roda de nervura? Será que isto é possível?

5. Calcule a fracção de mudança no volume $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$ de uma barra de alumínio que experimenta uma mudança de temperatura de 30°C .

Solução

1. Primeiro, desenhe o circuito térmico do composto. O circuito deve distender-se entre duas temperaturas conhecidas T_1 e T_∞



Em seguida, as resistências térmicas correspondendo a cada linha são calculados.

$$R_1 = \frac{L}{kA} = \frac{0.2}{(10)(0.1)} = 0.2 \text{ de modo similar } R_2 = 0.09, R_3 = 0.15, R_4 = 0.36$$

$$R_5 = \frac{1}{hA} = \frac{1}{(30)(0.13)} = 0.26$$

Para encontrar a resistência total, devemos em primeiro lugar encontrar a resistência equivalente para 1, 2 e 3. Estas três resistências estão combinadas em série:

$$R_{123} = \sum R = R_1 + R_2 + R_3 = 0.2 + 0.09 + 0.15 = 0.44$$

O resistor equivalente R_{123} está em paralelo com R_4 :

$$\frac{1}{R_{1234}} = \frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{0.44} + \frac{1}{0.36} = 5.05$$

$$R_{1234} = 5.05^{-1} = 0.20$$

Finalmente a resistência R_{1234} está em série com a R_5 . A resistência total do circuito é : a resistência térmica total $R_{total} = R_{1234} + R_5 = 0.46$

$$\text{O calor transferido através do composto é } q = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{total}} = \frac{100 - 20}{0.46} = 173.9W \text{ é o}$$

calor que flui pelo composto.

Avaliação Formativa 3

1. Quais são as propriedades dos semicondutores

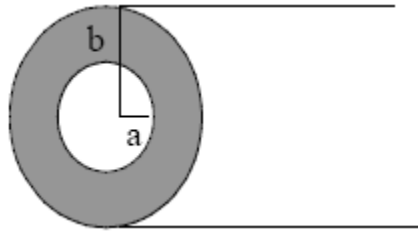
a) é um isolador.



b) é um condutor.

c) é um material que tem a condutividade entre condutores (geralmente metais) e não condutores ou isoladores.

2. A abertura mostrada no cilindro tem o comprimento L e um raio interno e externo a e b . É feito de material de resistividade ρ . Uma diferença de potencial é estabelecida entre a superfície interna e externa do cilindro de tal modo que a corrente flua radialmente através do cilindro. Qual é a resistência a esta corrente que flui em radial?



Soluções

$$dR = \frac{\rho dr}{2\pi r L}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \int_a^b \frac{dr}{r} \quad (2.1)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{b}{a}$$

XV. Síntese do Módulo

XVI. Avaliação Final

Avaliação Sumativa

1. Determine o módulo de young, módulo de dispersão e o rácio de Poison e derive a relação entre eles.



2. Um fio de aço de 2mm de diâmetro é distendido entre dois pontos fixos a temperatura de 20°C. Determine a tensão nele quando a temperatura baixa até 10°C. O coeficiente da expansão linear do fio de aço é 0.000011 e o módulo de young é 2.110^{12} dynes/cm².

Solução

$$\Delta L = L\alpha\Delta T = (L)(0.000011)(10) = (L)11.10^{-5}$$

A deformação produzida nele é

$$= \frac{\Delta L}{L} = (L)(11.10^{-5})/L = 11.10^{-5}$$

$$\text{Pressão} = T/\pi r^2 = T/r (0.1)^2$$

$$\text{O módulo de Young (Y)} = \frac{\text{Pressao}}{\text{Deformacao}} = 7,3.10^6 \text{ dyne}$$

3. Defina pressão, deformação e módulo de Young

4. Um fio de cobre longo com 3m e módulo de young $12,5.10^{11}$ dyne/cm² tem um diâmetro de 1mm. Se um peso de 10kg é preso numa das suas extremidades qual é a extensão produzida?

Solução

O comprimento original do fio “e (L) = 3m

O módulo de Young para o fio é (Y) = $12,5.10^{11}$ dyne/cm²

O raio do fio é $r = \frac{1}{2}$ mm

A área da secção transversal é $= \pi r^2$

A força aplicada é (F) = 10Kgf = 981.10^4 dyne

A partir da relação $Y = \frac{F.L}{a.I}$ então $I = \frac{F.L}{a.Y} = 0.2997$ cm

O Rácio de Poisson é $\delta = \frac{\text{deformacao - lateral}}{\text{deformacao - longitudinal}}$

$$0.26 = \frac{\text{deformacao - lateral}}{I/L}$$



$$\text{Deformação lateral} = 0.26 \frac{I}{L} = 2.6 \cdot 10^{-4}$$

Isto, por isso, fornece o valor de deformação lateral, isto é d/D , onde d é a diminuição do diâmetro.

$$(d/D) = 2.6 \cdot 10^{-4}$$

$d = D(2.6 \cdot 10^{-4}) = 2.6 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$ é a compressão lateral

5. Estabeleça uma expressão para o trabalho feito na extensão de um fio em 1cm, assumindo que a lei de Hooke é válida. Encontre o trabalho feito em joules na extensão de um fio de secção transversal 1 mm^2 e comprimento 2m em 0,1mm, se o módulo de young do material do fio é $2 \cdot 10^{12} \text{ dynes/cm}^2$

Solução

$$\begin{aligned} \text{Trabalho feito} &= (1/2) \text{ distensão} \times \text{deformação} \\ &= (1/2) (Y \cdot a) / L \cdot I \\ &= 5 \cdot 10^{-4} \text{ Joule} \end{aligned}$$

6. Mostre que o modulo de tamanho k , o modulo de Young E e o rácio de Poisson δ estão unidos pela relação $K = \frac{E}{3(1-2\delta)}$

Solução

Temos que $K = \frac{1}{3(\alpha - 2\beta)}$ então $\frac{1}{3\alpha \left(1 - 2\frac{\beta}{\alpha}\right)}$ onde $E = \frac{1}{\alpha}$ e $\delta = \frac{\beta}{\alpha}$ por isso

$$K = \frac{Y}{3(1-2\delta)}$$

7. Mostre que a rigidez n , e o módulo de Young E estão unidos pela relação $n = \frac{1}{2(1+\delta)}$, onde δ é o rácio poisson

Solução



Temos que $n = \frac{1}{2(\alpha + \beta)}$ e $n = \frac{1}{2\alpha\left(1 + \frac{\beta}{\alpha}\right)}$, mas $Y = \frac{1}{\alpha}$, $\delta = \frac{\beta}{\alpha}$ por isso $n =$

$$\frac{1}{2(1 + \delta)}$$

8. A água flui ao longo de um tubo horizontal, cuja secção — transversal não é constante. A pressão é em cm/seg. Encontre a pressão num ponto onde a velocidade é 65cm/s.

Solução

$$P_1 = 1\text{cm} = 1 \times 13.6 \times 981 \text{ dynes/cm}^2$$

$$V_1 = 35\text{cm/s}, V_2 = 65 \text{ cm/s}, \rho = 1 \text{ gm/cm}^3$$

$$P_2 = ?$$

Aplicando a relação de Bernoulli

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \rho V_1^2 - \frac{1}{2} \rho V_2^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) \end{aligned}$$

$$P_2 = 0.89\text{cm de mercúrio}$$

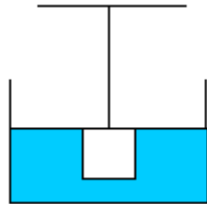
9. Defina o coeficiente de viscosidade. Dê exemplos de algumas substâncias viscosas. Como você poderia determinar o coeficiente de um líquido?

10. Enuncie

a) a lei da pressão de um fluido.

b) o principio de Arquimedes

11. Uma corda aguenta um objecto de ferro de massa 180gm totalmente imerso num líquido de densidade 800Kg.m^{-3} . Calcule a tensão na corda se a densidade do ferro é 8000Kg/m^3 .



A tensão na corda é igual ao peso do objecto no ar menos o peso do líquido deslocado.

$$T = Mg - mg \quad \text{onde: } m = (18/8000) * 800 = 18\text{gm}$$

$$= (0.18 \times 10 - 0.018 \times 10) = (1.8 - 0.18) = 1.62\text{N}$$

12. A 20°C um anel de alumínio tem o diâmetro interior de 5cm, e uma barra cilíndrica tem o diâmetro de 5.05cm.

a) A que temperatura o alumínio deve ser aquecido para que possa sobrepor-se a barra cilíndrica?

A que temperatura ambos devem ser aquecidos para que o anel caiba no interior da barra cilíndrica? E isto possível?

XVII Referências

Finn, C. B.P (1993). Termal Physics. Chapman & Hall, London.

Raymond A. Serway (1992). PHYSICS for Scientists & Engineers Updated Version

Kleppner & Kolenkow An introduction to mechanics

Douglas D. C. Giancoli Physics for Scientists and Engineers. Vol. 2. Prentice Hall.

Sears, Zemansky and Young, College Physics, 5th ed.

Sena L.A. (1988) Collection of Questions and Problems in Physics, Mir Publishers Moscow



Nelkon & Parker (1995), Advanced Level Physics, 7th ed, CBS Publishers & Distributer, 11, Daryaganji New Delhi (110002) India. ISBN 81-239-0400-2

Godman A, and Payne E.M.F, (1981) Longman Dictionary of Scientific Usage. Second Impression, ISBN 0 582 52587 X, Commonwealth Printing press Ltd, Hong Kong

Siegel R. and Howell J. R., (1992) Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Hemisphere Publishing Corp., Washington, DC.

Kittel C. and Kroemer H., (1980) Thermal Physics, 2nd ed., W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA.

Zemansky M. W. and Dittman R. H., (1981) Heat and Thermodynamics, 6th ed., McGraw Hill Book Co.,

Halliday D., Resnick R., and Walker J. (1997), Fundamental of Physics, 5th ed., John Wiley and Sons

XVIII. Autor Principal do Módulo

Acerca do autor deste módulo

Sisay Sheware

Departamento de Física, Universidade de Jimma

Etiópia, Africa do Este

P.O. Box (Pessoal), (Institucional)

Email: sisayshewa20@yahoo.com

Tel: +251-91-7804396



Breve Biografia: Meu nome é Sisay Sheware, vivo em Etiópia e trabalho na Universidade de Jimma no departamento de Física. A sua comunicação com o autor relacionada com qualquer questão acerca deste módulo será sempre bem recebida.

Obrigado.