



1ª LISTA DE EXERCÍCIOS DE MEF-I (INDIVIDUAL)

DATA DE ENTREGA: 05/06/2020

DISCIPLINA: LOM3228-MÉTODOS EXPERIMENTAIS DA FÍSICA I TURMA: 20201F1

PROF. DR. DURVAL RODRIGUES JUNIOR e PROF. DR. ANTONIO FERNANDO SARTORI

QUESTÕES:

- 1) O cérebro de um homem típico, saudável e em repouso consome uma potência de aproximadamente 16W. Supondo que a energia gasta pelo cérebro em um minuto fosse completamente fornecida para os criogênicos, qual seria a quantidade de líquido evaporada (em massa e em volume) e de gás gerado nas condições do ambiente? Calcule para o hélio, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio líquidos. Compare as quantidades de gás evaporado e comente sobre problemas de segurança e armazenamento. As tabelas de informações dos criogênicos estão anexas.
- 2) A molécula de hidrogênio H_2 existe em duas formas: ORTO e PARA hidrogênio. Na liquefação é necessário reativar o calor de conversão ORTO-PARA. Explique como é feita a liquefação do hidrogênio de forma eficiente.
- 3) Diferencie hélio 4 ($He4$) de hélio 3 ($He3$), dos pontos de vista físico, químico, quântico e estrutural.
- 4) Descreva o fenômeno da Superfluidez dos pontos de vista físico, químico e quântico.
- 5) Explique a transição superfluida no hélio 4 e no hélio 3.
- 6) Encontre explicações para os fenômenos que acontecem com a viscosidade, o calor específico e a densidade do hélio 4 em função da temperatura.
- 7) Explique o funcionamento de um “Refrigerador de diluição” de hélio. Explique o fenômeno físico e a termodinâmica do processo.



INFORMAÇÕES ÚTEIS

Os Líquidos Criogênicos
Propriedades Físicas do **Nitrogênio Líquido**



- ✓ Líquido incolor, inodoro e não inflamável.
- ✓ Na forma gasosa é o maior constituinte da atmosfera (78,03% em volume), retirado por destilação fracionada do ar liquefeito.
- ✓ Em excesso, o gás pode produzir narcose ou asfixia.



Peso Molecular	28,0134 g/mol
Temperatura de liquefação (1 atm)	-195,9°C (77K)
Temperatura de solidificação	-210°C (63K)
Temperatura crítica	-147°C (126K)
Pressão crítica	33,49 atm
Densidade do líquido (1 atm)	808 kg/m ³
Equivalente líquido/gás (15°C, 1 atm)	691 vol/vol
Entalpia de Vaporização (77 K, 1atm)	198,38 kJ/kg
Entalpia de Fusão (no ponto triplo, 1 atm)	25,73 kJ/kg

Os Líquidos Criogênicos
Propriedades Físicas do **Oxigênio Líquido**



- ✓ Líquido levemente azulado, inodoro, e inflamável quando em contato com hidrocarbonetos.
- ✓ Na forma gasosa é o segundo maior constituinte da atmosfera (20,99% em volume). Retirado por destilação fracionada.
- ✓ Muito usado na indústria em diversas aplicações.



Peso Molecular	31,9988 g/mol
Temperatura de liquefação (1 atm)	-183°C (90K)
Temperatura de solidificação	-218,8°C (54K)
Temperatura crítica	-118,6°C (154,58 K)
Pressão crítica	50,43 bar
Densidade do líquido (1 atm, P.E.)	1141 kg/m ³
Equivalente líquido/gás (15°C, 1 atm)	854 vol/vol
Entalpia de Vaporização (1 atm, P.E.)	212,98 kJ/kg
Entalpia de Fusão (no ponto triplo, 1 atm)	13,9 kJ/kg

Os Líquidos Criogênicos
Propriedades Físicas do **Hidrogênio Líquido**



- ✓ Líquido incolor, inodoro e altamente inflamável em contato com oxigênio acima de 4% (de 18 a 59% de ar).
- ✓ A molécula existe em duas formas ORTO e PARAHidrogênio. Na liquefação é necessário reativar o calor de conversão ORTO-PARA.
- ✓ É o mais leve dos líquidos criogênicos com densidade da ordem de 25% da água.
- ✓ Risco de fragilizar alguns metais.



Peso Molecular	2,016 g/mol
Temperatura de liquefação (1 atm)	-252,8°C (20K)
Temperatura de solidificação	-259°C (13,9K)
Temperatura crítica	-240°C (33K)
Pressão crítica	12,98 bar
Densidade do líquido (1 atm, P.E.)	70,973 kg/m ³
Equivalente líquido/gás (15°C, 1 atm)	844 vol/vol
Entalpia de Vaporização (1 atm, P.E.)	454,3 kJ/kg
Entalpia de Fusão (no ponto triplo, 1 atm)	58,158 kJ/kg

Os Líquidos Criogênicos
Propriedades Físicas do **Hélio 4 Líquido**



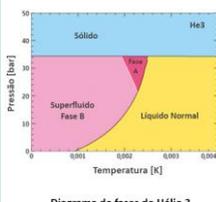
- ✓ Líquido inodoro, incolor, não inflamável e não corrosivo.
- ✓ O hélio 4 é o criogênico de maior interesse na pesquisa científica, devido à baixíssima temperatura do líquido.
- ✓ O fenômeno da SUPERFLUIDEZ acontece abaixo de 2,2K com propriedades excepcionalmente incomuns.



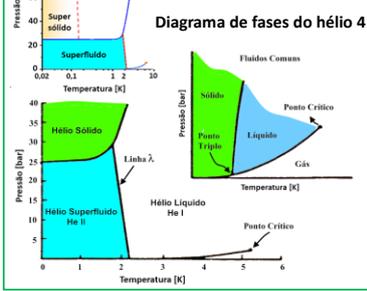
Peso Molecular	4,0026 g/mol
Temperatura de liquefação (1 atm)	-269°C (4,2K)
Temperatura de solidificação (1 atm)	Não solidifica
Temperatura de solidificação (26 atm)	-272,2°C (0,95K)
Temperatura crítica	-268°C (5,25K)
Pressão crítica	2,275 bar
Densidade do líquido (1 atm, P.E.)	124,96 kg/m ³
Densidade do gás (1 atm, P.E.)	16,891 kg/m ³
Densidade do gás (1 atm, 15° C)	0,169 kg/m ³
Equivalente líquido/gás (15°C, 1 atm)	748 vol/vol
Entalpia de Vaporização (1 atm, P.E.)	20,3 kJ/kg
Entalpia de Fusão (P.T., 1 atm)	-----

Os Líquidos Criogênicos
Transição Superfluida no hélio 3 e no hélio 4

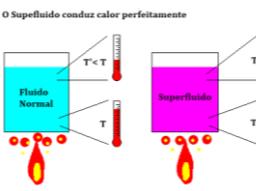
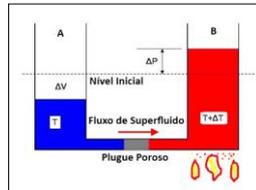
- ✓ A concentração do He3 no He4 natural é de apenas 1,3x10⁻⁴ %.
- ✓ A descoberta do fenômeno da superfluidade no He3 é recente.



- ✓ O hélio 4, diferentemente de um fluido comum, apresenta um diagrama de fases bem particular.



Os Líquidos Criogênicos
Transição Superfluida no Hélio 4



- ✓ O hélio 4 cessa a ebulição em 2,2 K, no ponto de transição λ, aumentando a proporção de Superfluido e diminuindo a proporção normal até 1.0K.

