



Filomena Pinto

Filomena.pinto@Ineg.pt

mfpinto@fc.ul.pt

210 92 4787

Critérios de avaliação

Avaliação Contínua

0,50 Prova Escrita + 0,25 Trabalho Teórico + 0,25 Apresentação

Nota: Classificação mínima na prova escrita – 9 v. (0 – 20v.)

Avaliação por Exame

100% Exame

Evaluation Options

Continuous Evaluation

0,50 Test + 0,25 Theoretical work + 0,25 Presentation of the work

Nota: Minimum mark in written test – 9 v. (0 – 20v.)

By Examination

100% Examination

2021

– Practical Classes

Setembro							Outubro							Novembro							Dezembro						
Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
		1	2	3	4	5					1	2	3	1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30				25	26	27	28	29	30	31	29	30						27	28	29	30	31		

Calendários Michel Zbinden / Portugal

©MichelZbinden.com

2022

– Exams



2022

Janeiro							Fevereiro							Março							Abril						
Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
				1	2		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6						1	2	3
3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10
10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17
17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24
24	25	26	27	28	29	30	28							28	29	30	31				25	26	27	28	29	30	
31																											

Summary of Theoretical and Practical Lessons

Date		Summary
22-09	PC/FP	Introdução. Historial da utilização do hidrogénio como forma de energia.
29-09	PC	Métodos de produção de Hidrogénio: reforma de combustíveis. Conversão termoquímica de combustíveis sólidos: gasificação, sistemas de limpeza e separação de gases.
06-10	PC	Eletrólise: origem renovável e não renovável. Fotoeletrólise ou eletrólise assistida.
13-10	FP	Problema 1 – Reforma com vapor
20-10	PC	Sistemas de armazenamento, transporte e abastecimento de hidrogénio. Desafios associados ao armazenamento.
03-11	FP	Problema 2 – Gasificação de biomassa
10-11	FP	Problema 2 – Gasificação de biomassa
17-11	FP	Problema 3 - Produção de hidrogênio por eletrólise da água e por reforma do metano
24-11	PC	Aplicações do hidrogénio: combustão direta em motores de combustão interna e turbinas; tipos de células de combustível e seu funcionamento.
15-12	FP	Problema 4 - Células de combustível

Calendarização das Aulas Teorico-Práticas

Data		Sumário
22-09	PC/FP	Introduction. History of the use of hydrogen as a form of energy.
29-09	PC	Hydrogen production methods: fuel reforming. Thermochemical Conversion of Solid Fuels: gasification, cleaning systems and gas separation.
06-10	PC	Electrolysis: renewable and non-renewable source. Photoelectrolysis or assisted electrolysis.
13-10	FP	Problem 1 – Steam reforming
20-10	PC	Hydrogen storage, transport and supply systems. Challenges associated with storage.
03-11	FP	Problem 2 – Biomass gasification
10-11	FP	Problem 2 - Biomass gasification
17-11	FP	Problem 3 – Hydrogen production by water electrolysis and by methane reforming
24-11	PC	Applications of hydrogen: direct combustion in internal combustion engines and use in turbines. Types of fuel cells and their operation.
15-12	FP	Problem 4 - Fuel cells

Temas para trabalhos teóricos

- 1) Problemas e benefícios duma economia baseada no hidrogénio, considerando os aspetos da produção e utilização.
- 2) A utilização de hidrogénio como fonte de energia - problema ou solução para a crise energética?
- 3) Comparação entre os principais métodos de produção de hidrogénio.
- 4) Produção de hidrogénio a partir da utilização de fontes renováveis.
- 5) Métodos para produção de bio-hidrogénio.
- 6) Produção de energia a partir da utilização de hidrogénio em pilhas de combustível.
- 7) Produção de energia a partir da combustão de hidrogénio.
- 8) Produção de hidrogénio a partir de gasificação de biomassa e/ou de resíduos.
- 9) Opções para a utilização de hidrogénio no sector automóvel.
- 10) Problemas e soluções associados ao armazenamento e transporte de hidrogénio.
- 11) Necessidades de I&D para incrementar a utilização de hidrogénio para produção de energia.
- 12) Principais projetos de demonstração na área da utilização de hidrogénio.
- 13) Outros.

Só estão disponíveis os temas a preto

Themes for theoretical work

- 1) Problems and benefits of an economy based on hydrogen, considering the aspects of use.
- 2) The use of hydrogen for energy - a problem or solution to the energy crisis?
- 3) Comparison of the main methods for producing hydrogen.
- 4) Production of hydrogen by the use of renewable sources.
- 5) Methods for the production of bio-hydrogen.
- 6) Energy production by using hydrogen in fuel cells.
- 7) Energy generation from hydrogen combustion.
- 8) Hydrogen production from biomass and/or wastes gasification.
- 9) Hydrogen use methods for the automotive sector.
- 10) Problems and solutions associated with the storage and transport of hydrogen.
- 11) R&D needs to increase the use of hydrogen for energy production.
- 12) Most important demonstration projects in the area of hydrogen use.
- 13) Others.

Only black written themes are available

Grupo		Trabalho Teórico
Grupo 1 17? de Dezembro	Agnese Branco Beatriz Gameiro Marcelo Rosário	2) The use of hydrogen for energy - a problem or solution to the energy crisis?
Grupo 2 17? de Dezembro	Maria Taborda, 50373 João Santos, 55144	1) Problems and benefits of an economy based on hydrogen, considering the aspects of use.
Grupo 3 17? de Dezembro	Carlota Mamede Mariana Pereira Laura Santos Maria Teresa Calado	10) Problems and solutions associated with the storage and transport of hydrogen
Grupo 4 17? de Dezembro	André Gomes, nº 53249 Diogo Vicente, nº 53247 Tiago Neves, nº 53250 Vasco Diniz, nº 53241	4) Production of hydrogen by the use of renewable sources
Grupo 5 17? de Dezembro		

Trabalho Teórico

Partes do Trabalho

- 1) Capa
 - Título
 - Autores
 - Instituição
 - Data de realização
- 2) Agradecimentos
- 3) Resumo
- 4) Palavras Chave
- 5) Índice Geral
- 6) Índice de Figuras
- 7) Índice de Tabelas
- 8) Nomenclatura
- 9) Lista de Abreviaturas

Partes do Trabalho

10) Introdução:

- Motivação
- Importância do tema abordado

11) Desenvolvimento do Tema

12) Conclusões

- Síntese dos pontos principais abordados
- Principais conclusões do que foi apresentado
- Considerações finais

Partes do Trabalho

13) Tendências Futuras

- Referir temas para reflexão

14) Bibliografia (listagem da bibliografia consultada, a qual pode ou não ser referida no texto).

15) Anexos

Nota: O trabalho em grupo não pode ser a junção de várias partes feitas por pessoas diferentes. O relatório ter de ser uma sequência lógica e coerente.

Bibliografia

Relatórios de organismos reconhecidos

Lista de Revistas:

Renewable and Sustain. Energy Reviews

Int. J. Hydrogen Energy

Energy & Fuels

Fuel

Fuel Processing Technology

Ind. Eng. Chem. Res.

Biomass Bioenergy

Renewable Energy

Applied Catal A/B

Catalysis Today

Theoretic Work

Work Main Parts

- 1) Cover
 - Title
 - Authors
 - University
 - Date
- 2) Acknowledgments
- 3) Abstract
- 4) Key words
- 5) General Index
- 6) Figures Index
- 7) Tables Index
- 8) Nomenclature
- 9) List of Abbreviations

Work Main Parts

10) Introduction:

- Motivation
- Importance of the subject

11) Development of the subject

12) Conclusions

- Summary of the main points addressed
- Key findings of what was presented
- Final considerations

Work Main Parts

13) Tendências Futuras

- Referir temas para reflexão

14) Bibliografia (listagem da bibliografia consultada, a qual pode ou não ser referida no texto).

15) Anexos

Nota: O trabalho em grupo não pode ser a junção de várias partes feitas por pessoas diferentes. O relatório ter de ser uma sequência lógica e coerente.

References

Reports from entities with recognized merit

List of Main Journals:

Renewable and Sustain. Energy Reviews

Int. J. Hydrogen Energy

Energy & Fuels

Fuel

Fuel Processing Technology

Ind. Eng. Chem. Res.

Biomass Bioenergy

Renewable Energy

Applied Catal A/B

Catalysis Today

References

Reports from entities with recognized merit:

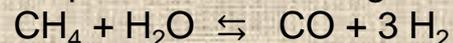
United States Department of Energy – Clean Energy
 IEA – International Energy Agency
 IRENA – International Renewable Energy Agency
 IEF – International Energy Forum –
 EERA – European Energy Research Alliance
 EUREC – The Association of European Renewable Energy
 Research Centers



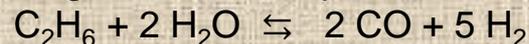
Problema I

Supondo que se pretende produzir hidrogénio a partir de “reforming” do gás natural com vapor, considere que o gás natural apresenta a composição a seguir indicada e que a conversão global da reacção de “reforming” é de 83%. Admita que o vapor de água condensa e considere o gás seco. Calcule:

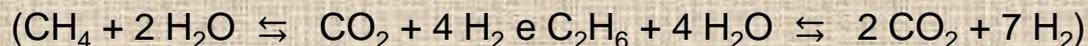
- 1) A composição final do gás admitindo que ocorre somente a reacção de formação de CO a partir de “reforming” de metano.



- 2) A composição final do gás admitindo que ocorre também a conversão do etano.



- 3) A composição final do gás admitindo que para além das reacções anteriores, ocorrem também as reacções correspondentes à formação de CO₂. Admita que a conversão destas reacções é de 38%.



- 4) O caudal de hidrogénio produzido à temperatura ambiente (25°C) e nas condições consideradas na alínea 3), se o caudal total de gás após “reforming” à temperatura de 100°C for de 190,26, m³/h.
- 5) O caudal de hidrogénio produzido se o caudal de gás natural for de 40,1 m³/h (T=25°C).
- 6) A quantidade molar de vapor utilizado nas condições de 3), considerando um excesso de vapor de 65%.
- 7) A massa volúmica (MV_{Gas}) e o poder calorífico superior (PCS_{Gás}) do gás obtido nas condições consideradas na alínea 3).

$$\text{MV}_{\text{Gas}} = y_{\text{CO}} \times 1,2501 + y_{\text{H}_2} \times 0,0898 + y_{\text{CH}_4} \times 0,7167 + y_{\text{C}_n\text{H}_m} \times 1,2644 + y_{\text{CO}_2} \times 1,9768 + y_{\text{N}_2} \times 1,1606 \text{ (g/NL)}$$

$$\text{PCS}_{\text{Gás}} = y_{\text{CO}} \times 12\,625 + y_{\text{H}_2} \times 12\,750 + y_{\text{CH}_4} \times 39\,710 + y_{\text{C}_n\text{H}_m} \times 62\,930 \text{ (J/NL)}$$

y_i - fração molar do componente *i*

- 8) Supondo que 14% do gás produzido diariamente por “reforming” é escoado em reservatórios de 50 L à temperatura ambiente e à pressão de 245 atmosferas, calcule o número de reservatórios necessários.

20/10/2021

	% molar
Metano	91,7
Etano	3,9
Propano	0
Nitrogénio	2,1
Dióxido de Carbono	2,3

Problema I

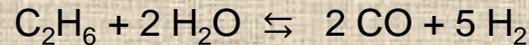
Informação Adicional:

1) A composição final do gás admitindo que ocorre somente a reacção de formação de CO



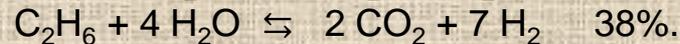
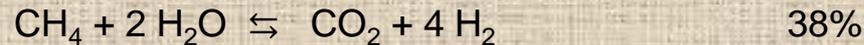
91,7 moles

2) Que ocorre também a conversão do etano.



3,9 moles

3) Que para além das reacções anteriores, ocorrem também as reacções correspondentes à formação de CO_2



4) $P_1V_1 = nRT_1$

$P_2V_2 = nRT_2$

8) $V = C \cdot Vt$

V é o volume de gás em condições normais de P e T (1 atmosfera e 25°C), Vt volume do tanque e C factor de compressão, é função da temperatura e pressão do gás.

(pé ³)	T (°F)	3 600 Psi
C	76	210.8
	78	210.1

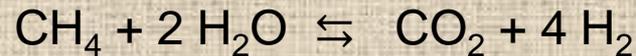
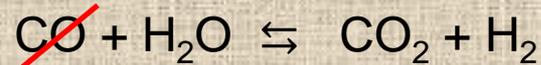
Natural Gas Steam Reforming

Main Reactions

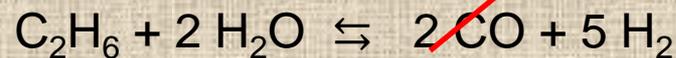
Methane (CH₄) reactions



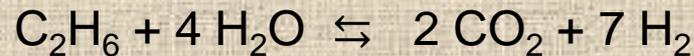
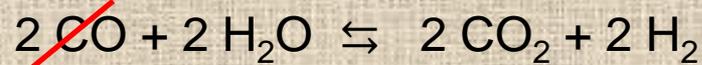
Water Gas Shift Reaction



Ethane (C₂H₆) reactions.



Water Gas Shift Reaction



<https://www.youtube.com/watch?v=eoF2EoFhIJw>

<https://www.youtube.com/watch?v=xAjHJ49VOUM>

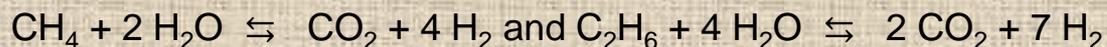
Problem I

To produce hydrogen from natural gas reforming, a gas whose composition is shown in the next table is used. The global conversion of reforming reactions is 83%. It should be considered that after steam condensation the produced gas is dry. Determine:

- 1) The final gas composition if only the next methane reforming reaction occurs.

$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2$$
- 2) The final gas composition if ethane reforming reaction to form CO also occurs.

$$\text{C}_2\text{H}_6 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{CO} + 5 \text{H}_2$$
- 3) The final gas composition if reactions leading to the formation of CO_2 also take place. Please consider that these reactions conversions are 38%.



	% molar
Methane	91.7
Ethane	3.9
Propane	0
Nitrogen	2.1
Carbon Dioxide	2.3

- 4) Hydrogen flow rate at 25°C in the conditions of 3) if total reforming gas flow rate is 190.26 m³/h at 100°C.
- 5) Hydrogen flow rate, if the flow rate of initial gas is 40.1 m³/h (T=25°C).
- 6) Steam molar flow rate in the conditions of 3) if an excess of 65% of steam is used.
- 7) Density (ρ_{Gas}) and HHV of gas leaving the gasifier (MV_{Gas}) in the conditions of 3).

$$\rho_{\text{Gas}} = y_{\text{CO}} \times 1.2501 + y_{\text{H}_2} \times 0.0898 + y_{\text{CH}_4} \times 0.7167 + y_{\text{C}_n\text{H}_m} \times 1.2644 + y_{\text{CO}_2} \times 1.9768 + y_{\text{N}_2} \times 1.1606 \text{ (g/NL)}$$

$$\text{HHV}_{\text{Gas}} = y_{\text{CO}} \times 12\,625 + y_{\text{H}_2} \times 12\,750 + y_{\text{CH}_4} \times 39\,710 + y_{\text{C}_n\text{H}_m} \times 62\,930 \text{ (J/NL)}$$

y_i - molar fraction of component i

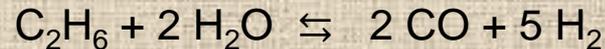
- 8) If 14% of the produced gas per day is compressed till 245 atmosphere and stored in tanks with 50 L at 25°C. Determine the number of tanks needed.

Problem I

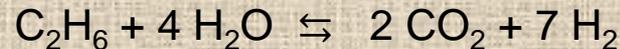
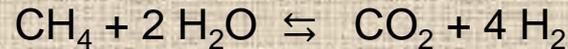
- 1) Consider that only the next reaction occurs



- 2) Consider that the next 2 reactions occur.



- 3) Besides the previous reactions, the following ones also take place:



4) $P_1V_1 = nRT_1$

$P_2V_2 = nRT_2$

8) $V = C \cdot V_t$

V is the gas volume at standard P and T conditions (1 atmosphere and 25°C), **V_t** is the tank volume and **C** is the compression factor, it depends on gas temperature and pressure.

	T (F)	3 600 Psi
C (ft ³)	76	210.8
	78	210.1

Proposta

	Apresentações dos Trabalhos	Entrega dos Trabalhos	Saída das Notas
Todos os Grupos	?? de Dezembro	?? de Janeiro	?? de Janeiro
Teste	?? de Janeiro?, 9:00h, Sala: ??		?? de Janeiro

Aula de Dúvidas da Parte Teórico-Prática –

Exame 1.^a Época - ?? de Janeiro (?^a feira), 9h00, Sala 6.2.47

Exame 2.^a Época - ?? de Janeiro (?^a feira), 9h00, Sala 6.2.47

Época Especial - ?? de Fevereiro (?^a feira), 13h00, Sala 8.2.14

Suggestion

	Work Presentation	Delivery of Works	Course grades
All Groups	?th/th December	??th January	??th January
Test	??th January, 9:00h, Room:		??th January

Revisions Lesson –

Examination 1st Date – ?th January, 9h00, Room 6.2.47

Examination 2nd Date – ?th January, 9h00, Room 6.2.47

Examination Especial Date – ?th February, 13h00, Room 8.2.14