

CONCLUSIONS

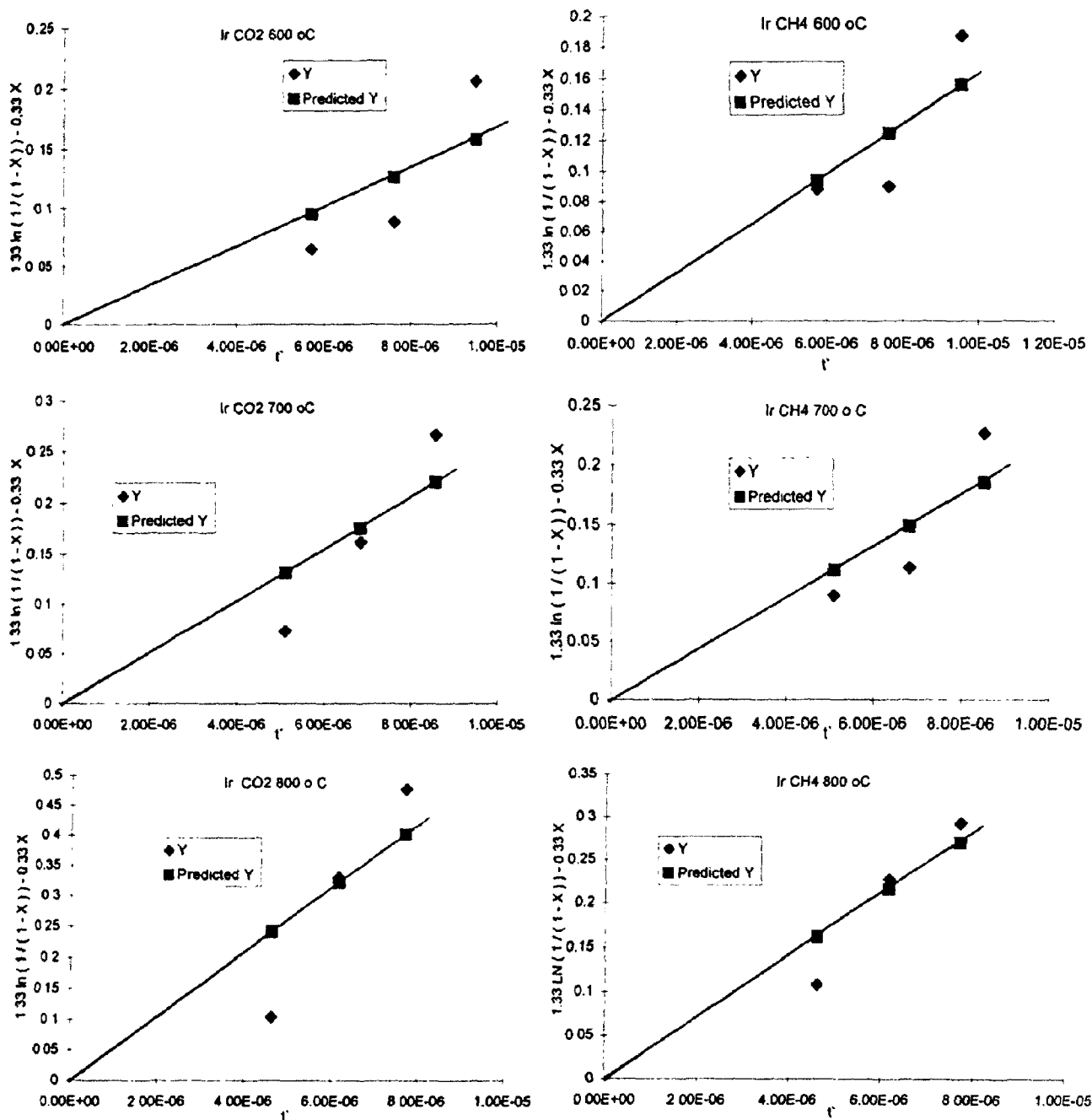


Fig (5 . 4) . Test for First Order Reaction Kineticses w . r . t CO₂ and CH₄ Over Ir / Al₂O₃ Catalyst .

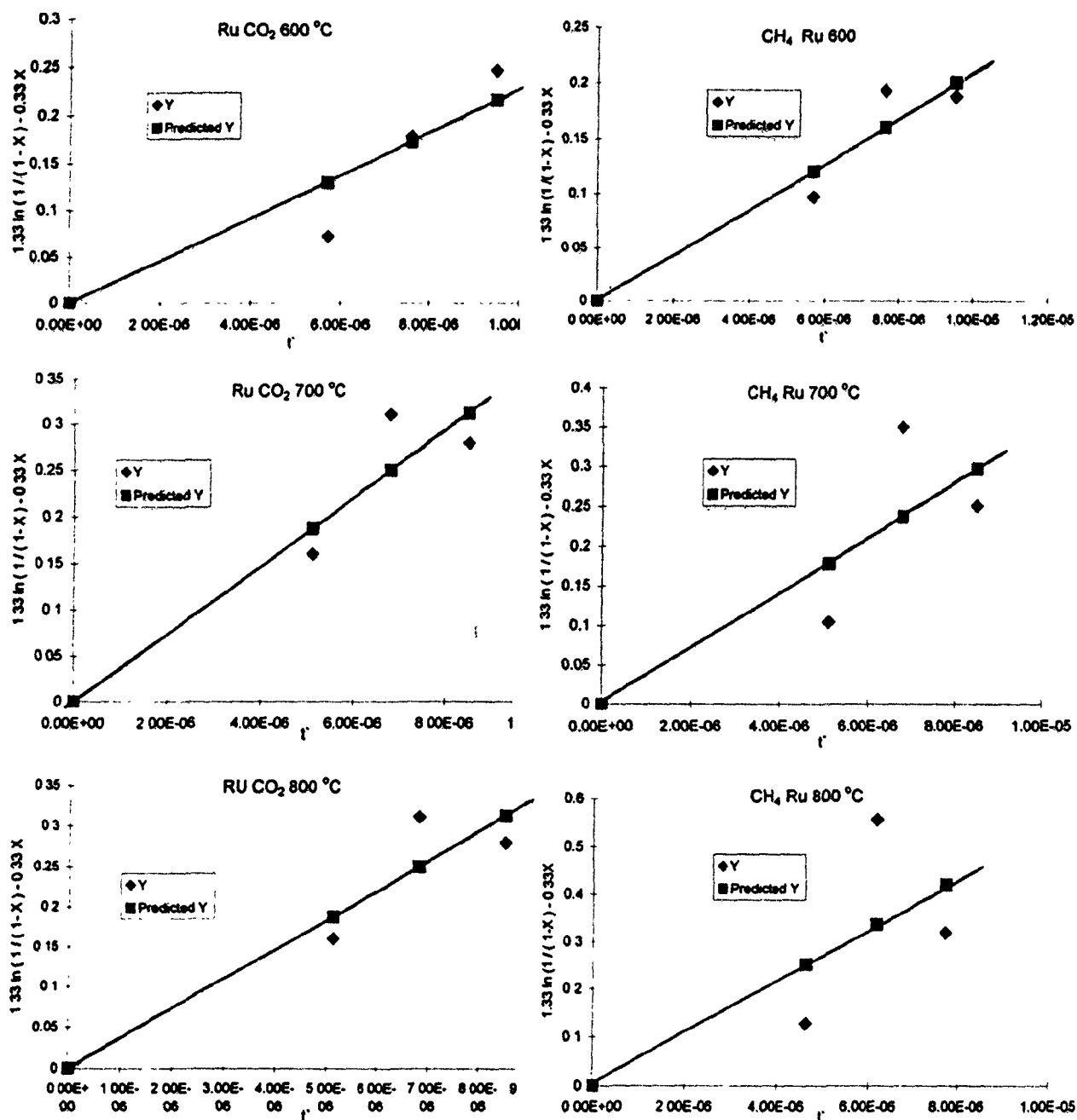


Fig (5 . 5) . Test for First Order Reaction Kinetics w . r . t CO₂ and CH₄ Over Ru / Al₂O₃ Catalyst .

CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn from the results of the present investigation:-

Generally ; for all the investigated catalysts the catalyst reactivity increased with increasing temperature and decreasing weight hourly space velocity .

a. For 0.5%Rh/ γ -Al₂O₃ catalyst:-

1. Rh/ γ -Al₂O₃ catalyst exhibits good reactivity within the whole temperature range and all the studied space velocities but with different degrees.
2. The space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 800°C are the optimum condition resulting in the highest conversion of not only methane but also the other heavy hydrocarbons in the natural gas (ethane, propane, butanes, pentanes, hexanes, and heptanes).
3. The Rh / γ -Al₂O₃ selectivity with respect to H₂ and CO was achieved maximally at temperature of 800°C and space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹ .
4. (H₂ / CO) ratio was always less than one , however the highest ratio (0.65) was obtained at the optimum conditions, space velocity 36000 cc g⁻¹h⁻¹ and the temperature 700°C.
5. The first order kinetics assumption is valid for both CH₄ and CO₂ reactants under the operating conditions investigated . The reaction rate constant for CO₂ was higher than that of CH₄ (for example at 800°C reaction rate constants equal 19.1E4 and 8.13E4 J / mol) respectively .
6. The activation energy was calculated from Arrhinus' equation as 47.06E3 J / mol. and 29.51E3 J / mol. for CO₂ and CH₄ respectively .

b. For 0.5% Ru/ γ -Al₂O₃ catalyst:-

1. The space velocity 36000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 800°C are the optimum condition resulting in the highest conversion of methane but , the space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 800°C are the optimum condition resulting in the highest conversion of the other heavy hydrocarbons in the natural gas (ethane , propane, butanes, pentanes, hexanes, and heptanes).
2. The Ru / γ -Al₂O₃ selectivity with respect to H₂ and CO was achieved maximally at temperature of 800°C and space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹
3. Maximum (H₂ / CO) ratio was achieved at the optimum conditions, space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 800°C.
4. The first order kinetics assumption is valid for both CH₄ and CO₂ reactants under the operating conditions investigated . The reaction rate constant for CO₂ was higher than that of CH₄ (for example at 800°C reaction rate constants equal 7.22E4 and 3.49E4 J / mol) respectively .
5. The activation energy was calculated from Arrhinus' equation as 44.65E3 and 36.24E3 J / mol for CO₂ and CH₄ respectively .

c. For 0.5% Ir/ γ -Al₂O₃ catalyst:-

1. The space velocity 45000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 800°C are the optimum condition resulting in the highest conversion of methane but, the space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 800°C are the optimum condition resulting in the highest conversion of not only methane but also the other heavy hydrocarbons in the natural gas (ethane, propane, butanes, pentanes, hexanes, and heptanes).

2. The Ir/ γ -Al₂O₃ selectivity with respect to H₂ and CO was achieved maximally at temperature of 800°C and space velocity 18000ccg⁻¹h⁻¹
3. Maximum (H₂ / CO) ratio was achieved at the optimum conditions, space velocity 36000ccg⁻¹h⁻¹ and the temperature 700°C.
4. The first order kinetics assumption is valid for both CH₄ and CO₂ reactants under the operating conditions investigated . The reaction rate constant for CO₂ was higher than that of CH₄ (for example at 800°C reaction rate constants equal 5.20E4 and 3.49E4 J / mol) respectively .
5. The activation energy was calculated from Arrhinius' equation as 43.81E3 and 28.85E3 J / mol for CO₂ and CH₄ respectively .

Finally 0.5% Rh/ γ -Al₂O₃ catalyst was the best as compared to the two other catalysts investigated . The optimum operating conditions were 18000 ccg⁻¹ h⁻¹ for the space velocity and 800°C for the reforming temperature . Maximum (H₂ /CO) ratio was obtained at 36000ccg⁻¹h⁻¹ space velocity and the temperature 700°C.

REFERENCES

REFERENCES

1. Alstrup , I. , Chorkendorff , I. , and Ullmann , S. , *Surf. Sci.* , **234** , 79 (1990).
2. Ashcroft , A. T. , Cheethan , A. K., Green , M. L. H. , and Vernon, P. D. F. ; *Science*, **352** , 225 (1991).
3. ASTM Designation (1996) Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography , D 1945- 96 pp.51- 65.
4. Au , C. T. , Hu , Y. H. , and Wan , H. L. ; *Catal. Lett.* , **27** , 199 (1994).
5. Bhat , R. N. , and Sachtler , W. M. H. ; *Appl. Catal. A : Gener.* , **150**, 279 (1997).
6. Bitter , J. H. , Hally , W. , Seshan , K. , V. – Ommen , J. G., and Lercher , J. A. ; *Catal . Today* , **29** , 349 (1996).
7. Bitter , J. H. , Seshan , K. , and Lercher , J. A. ; *J. Catal.* , **171** , 279 (1997).
8. Bitter , J. H. , Seshan , K. , and Lercher , J. A. ; *J. Catal.* , **176** , 93 (1998).
9. Bodrov , I. M. , and Apel'baum , L. O. , *Kinet. Catal.* , **8** , 379 (1967).
10. Borer , A. L. , and Prins , R. , in Gucci , L. , (Editor) ; 10th Symposium on Catalysis , Budapest , Hungary , (1992).
11. Bradford , M . C . J . , and Vannice , M . A . ; *Catal . Rev . Sci . Eng .* , **41** , 1(1999).
12. Bradford , M . C . J . , and Vannice , M . A . ; *Catal . Today* , **50** , 87 (1999).
13. Bradford , M. C. J. , and Vannice , M. A. ; *Appl. Catal. A : Gener.* , 223 (1997).
14. Brungs , A . J. , York , A. P. E. , and Green , M. L. H. ; *Catal. Lett.* , **57** , 65 (1999).
15. Bueno , J. M. C. ; *Appl. Catal. A : Gener.* , **193** , 173 (2000).

16. Buyevskaya, O. V., Wolf, D., and Baerns, M.; *Catal. Lett.*, **29**, 249 (1994).
17. Chang, J. S., Park, S. E., and Lee, K. W.; *Stud. Surf. Sci. Catal.*, **84**, 1587 (1994).
18. Che, M., Bennett, C. O.; *Advances in Catalysis*, **36** (1989)(a) Efstathiou, A. M., Bennett, C. O.; *J. Catal.*, **120**, 137 (1989).(b) Efstathiou, A. M., Bennett, C. O.; *J. Catal.*, **120**, 118 (1989).(c) Efstathiou, A. M., Chafik, T., Bianchi, D., and Bennett, C. O.; *J. Catal.*, **148**, 224 (1994).
19. Chen, X., Honda, K., and Zhang, Z.-G.; *Catal. Today* **93-95**, 87 (2004).
20. Chen, Z. X., Wu, J. L., and Zhu, M.; *Catal. Today*, **30**, 147 (1996).
21. Cheng, Z. X., Zhao, X. G., Li, J. L., and Zhu, Q. M.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **205**, 31 (2001).
22. Cheng, Z., Wu, Q., Li, J., and Zhu, Q.; *Catal. Today*, **30**, 147 (1996).
23. Choudhary, V. R., Uphada, B. S., and Mamman, A. S.; *Catal. Lett.*, **32**, 387 (1995).
24. Claridge, B. J., Green, M. L. H., Tang, S. C., York, A. P. E., Ascroft, A. T., and Battle, P. D.; *Catal. Lett.*, **22**, 299 (1993).
25. Crisafulli, C., Scirè, S., Minicò, S., and Solarino, L.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **225**, 1 (2002).
26. Effendi, A., Hellgardt, K., Honda, and Yoshida, T.; *Catal. Today* **77**, 181 (2002).
27. Effendi, A., Zhang, Z.-G. and Yoshida, T.; *ACS Symposium series* **809**, 275 (2002).
28. Efstathiou, A. M., Kladi, A., Tsipouriari, V., and Verykios, X. E.; *J. Catal.*, **158**, 64 (1996).
29. Erdöhelyi, A. Cresényi, J., and Solymosi, F.; *J. Catal.*, **141**, 287 (1993).

30. Erdöhelyi, A. Cresényi, J., Papp, E., and Solymosi, F.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **108**, 205 (1994).
31. F. - Aparicio, P., G. - Ruiz, A., and R. - Ramos, I.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **170**, 177 (1998).
32. F. - Aparicio, P., R. - Ramos, I., Anderson, J. A., and G. - Ruiz, A.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **202**, 183 (2000).
33. Fischer, F., and Tropsch, H., *Brennstoff; Chemie*, **3**, 39 (1928).
34. Frusteri, F., Arena, F., Galogero, G., Torre, T., and Paratiana, A.; *Catal. Comm.*, **2**, 49 (2001).
35. Gadalla, A. M., and Bower, B.; *Chem. Eng. Sci.*, **43**, 3049 (1988).
36. Galuszka, J., Pandey, R. N., Ahmed, S.; *Catal. Today* **46**, 83 (1998).
37. Giapetta, F., G., and Plank, C. J., in P. H. Emmett (ed.), "Catalysis", Vol. 1. Chap. 7. Reinhold Publishing Corporation, New York, (1954).
38. Goldwasser, M. R., Rivas, M. E., Pietri, E., P. Zurita, M. J., Cubeiro, M. L., Gingembre, L., Leclercq, L., and Leclercq, G.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **255**, 45 (2003).
39. Goula, M., Lemoidou, A., and Efstathiou, A. M.; *J. Catal.* **162**, 626 (1996).
40. Goula, M. A., Lemonidou, A. A., and Efstathiou, A. M.; *J. Catal.*, **161**, 626 (1996).
41. Gronchi, P., Centola, P., and Rosso, R. D.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **152**, 83 (1997).
42. Gronchi, P., Mazzocchia, C., Tempesti, E., and D. - Rosso, R., in Genti, G., Cristiani, C., Forzatti, P., and Perathoner, S., (Editors). *Environmental Catalysis*, SCI, Rome, Italy, 1995, P.P.627-630.
43. Gronchi, P., Mazzocchia, C., and Del Rosso, R.; *En. Conv. Man.* **36** (6-9) 605-608 (1995).

44. Guo , J . , Lou , H . , Zhao , H . , Chai , D . , and Zheng , X . ;
Appl . Catal . A : General **273**(1-2) , 75-82 (2004).
45. Hashimoto , K . , Watase , S . , and Toukai , N . , Catal. Lett . , **80** ,
147 (2002).
46. Hayakawa , T . , Harihara , H . , Andersen , A . G . , York , A . P .
E . , Suzuki , K . , Yasuda , H . , and Takehira , K . , Angew . ;
Chem . , Int . Ed . Engl . , **35** , 92 (1996).
47. Hayakawa , T . , Suzuki , S . , Nakamura , J . , Uchijima , T .
Hamakawa , S . , Suzuki , K . , Shishido , T . , and Takehira , K . ;
Appl . Catal . A : Gener . , **183** , 273 (1999).
48. Hayakawa , T . , Harihara , H . , Andersen , A . G . , Suzuki , K . ,
Yasuda , H . , Tsunoda , T . , Hamakawa , S . , York , A . P . E . ,
Yoon , Y . S . , Shimizu , M . , and Takehira , K . ; Appl . Catal . A :
Gener . , **149** , 391 (1997).
49. Hickman , D . A . , Hauptfear , E . A . , and Schmidt , L . D . ;
Catal . Lett . **17** , 223 (1993).
50. Hickman , D . A . , Hauptfear , E . A . , and Schmidt , L . D . ; Catal .
Lett . , **17** , 223 (1993).
51. Horiuchi , T . , Sakuma , K . , Fuku , T . , Kubo , Y . , Osaki , T . ,
and Mori , T . ; Appl . Catal . A : Gener . , **144** , 111 (1996).
52. Hou , Z . , and Yashima , T . ; Catal . Lett . , **89** , 193 (2003).
53. Hou , Z . , and Yashima , T . ; Appl . Catal . A : Gener . , **261** , 205
(2004).
54. Hou , Z . , Yokota , O . , Tanaka , T . , and Yashima , T . ; Appl .
Catal . A : Gener . , **253** , 381 (2003).
55. Huder , K . ; Chem . Ing . Tech . **63** , 376 (1991).
56. Ito , M . , Tagawa , T . , and Goto , S . ; Appl . Catal . A : Gener .
, **177** , 15 (1999).
57. J . - Juan , J . , R . - Martínez , and I . - Gómez , M . J . ; Appl . Catal . A :
Gener . , **264** , 169 (2004).
58. Kellner , C . S . , and Bell , A . T . ; J . Catal . , **67** , 175 (1981).

59. Kim , G. J. , Cho , D. S. , Kim , K. H. , and Kim , H. J. ; Catal. Lett. , **28** , 41 (1994).
60. Kim , J. - H. , Jinsuh , D. , Park , T. - J. , and Kim , K.L. ; Appl. Catal. A : Gener. , **197** , 191 (2000).
61. Kurz , G. , and Teuner , S. , Erdöl and Kohle , **43** , 171 (1990).
62. Lee , J. - H. , Lee , E. - G. , Joo , O. - S. , and Jung , K. - D. ; Appl. Catal. A : Gener. , **269** , 1 (2004).
63. Lemonidou , A. A. , and Vasalos , I. A. ; Appl. Catal. A : Gener. , **54** , 119 (1989).
64. Lemonidou , A. A. , Goula , M.A. , and Vasalos , I. A. ; Catal. Today , **46** , 175 (1998).
65. Lercher , J. A. , Bitter , J. H. , Hally , W. , Niessen , W. , and Seshan , K. ; Stud. Surf. Sci. Catal. , **101** , 463 (2001).
66. Mark , M. F. , Maier , W. F. ; J. Catal. , **164** , 122 (1996).
67. Martínez , R. , Romero , E. , Guimon , C. , and Bilbao , R. ; Appl. Catal. A : General **274**(1-2) , 139-149 (2004).
68. Matsui , N. - O. , Anzai , K. , Akamatsu , N. , Nakagawa , K. , Ikenaga , N. - O. , and Suzuki , T. ; Appl. Catal. A : Gener. , **179** , 247 (1999).
69. McCarthy , T. J. , Marques , C. M. P. , Treviño , H. , and Sachtler , W. M. H. ; Catal. Lett. , **43** , 11 (1997).
70. Menad , S. , F. - Aparicio , P. , Cherifi , O. , G. - Ruiz , A. , R. - Ramos , I. ; Catal. Lett. , **89** , 63(2003).
71. Morterra , C. , Bolis , and V. , Magnacca , G. ; J. Chem. Soc., Faraday Trans. , **92** , 1991 (1996).
72. Múnera , J. , Irusta , S. , Cornaglia , L. , and Lombardo , E. ; Appl. Catal. A : General **245** , 383 (2003) .
73. Munera , J. , Irusta , S. , Cornaglia , L. , and Lombardo , E. ; Appl. Catal. A : Gener. , **245** , 383 (2003).
74. Nagaoka , K. , Okamura , M. , and Aika , K. - I. ; Catal. Comm. , **2** , 255 (2001).

75. Nagaoka, K., Takanabe, K., and Aika, K.; *Appl. Catal. A: General* **255**, 13 (2003).
76. Nagaoka, K., Takanabe, K., and Aika, K.; *Chem. Commun.* **1006** (2002).
77. Nakamura, J., Aikawa, K., Sato, K., Uchijima, T.; *Catal. Lett.*, **265**, 25 (1994).
78. Oklay, J., Hon, K., and Hughes, R.; *Appl. Catal. A: General* **170**, 13 (1998).
79. Omata, K., Hottai, N. T., and Yamada, M.; *Catal. Comm.* **5**, 771 (2004).
80. Omata, K., Hottai, N. T., Showa, Y., and Yamada, M.; *Catal. Comm.* **5**, 775 (2004).
81. Paipatyadar, S. A., *Cyclic Operation of Sodium Heat Pipe, Solar Reformers*, Ph. D. Dissertation, Department of Chemical Engineering, University of Houston, Houston TX, May (1987).
82. Pant, B., and S. – Williams; *Catal. Comm.*, **5**, 305 (2004).
83. Paturzo, L., Gallucci, F., Basile, A., Vitulli, G., and Pertici, P.; *Catal. Today* **82**, 57 (2003).
84. Paturzo, L., Gallucci, F., Basile, A., Vitulli, G., and Pertici, P.; *Catal. Today*, **82**, 57-65 (2003).
85. Paturzo, L., Gallucci, F., Basile, A., Vitulli, G., and Pertici, P.; *Catal. Today*, **82**, 57 (2003).
86. Pessi, F., and Bonvicino, F., Thesis; Politecnico di Milano, Milan, Italy, 1994.
87. Petersen, K., Nielsen, C. and Jørgensen, S.; *Catal. Today* **46**, 193 (1998).
88. Pitsai, P., and Kleir, K.; *Catal. Rev. – Sci. Eng.* **28**, 13 (1986).
89. Portugal Jr., U. L., Marques, C. M. P., Araujo, E. C. C., Morales, E. V., Gitto, M. V.; *Appl. Catal. A: Gener.*, **193**, 173 (2000).

90. Prabhu , A . K . , Radhakrishnan , R . , and Oyama , S . T . ; Appl . Catal . A : Gener . , **183** , 241 (1999).
91. Quinalan , M. A . , Wood , B. J . , and Wise , H . ; Chem. Phys. Lett . , **118**, 478 (1985).
92. R . – Nielsen , J. R . ; Stud. Surf. Sci. Catal. , **81** , 25 (1994).
93. R . – Nielsen , J. R . ; J. Catal. , **31** , 173 (1973).
94. R . - Nielsen , J. R . ; J. Catal. , **31** , 184 (1974).
95. R . - Nielsen , J.R. , and B . - Hansen , J.H . ; J. Catal. , **144** , 38 (1993).
96. Raskó , J . , and Solymosi , F . ; Catal. Lett. , **46** , 153 (1997).
100. Richardson , J . T . , and Paripatyadar , S. A . ; Appl . Catal . A : Gener . , **61** , 293 (1990).
101. Richardson , J . T . , Garrit , M . , and Hung , J . - K . ; Appl . Catal . A : General **255** , 69 (2003) .
102. Richardson , J. T . , Garrait , M . , and Hang , J . -K . ; Appl . Catal . A : Gener . , **255** , 69 (2003).
103. Ruckenstein , E . , Wang , H . Y . ; J. Catal . **190** , 32 (2000).
104. Ruckenstein , E . ; and Wang , H . Y . ; Appl . Catal . A : Gener . , **204**, 257 (2000).
105. Ruckenstein , E . , and Wang , H . Y . ; Appl . Catal. A : Gener . , **198** , 33 (2000).
106. Ruckenstein , E . , and Hu , Y. H . ; J. Catal. , **161** , 55 (1996).
107. Rynkowski , J . , Samulkiewicz , P . , Ladavos , A K . , and Pomonis , P.J . ; Appl. Catal. A : Gener . , **263** , 1 (2004).
108. Sachtler , W . M . H . , and Zhang , Z . ; Adv. Catal . , **39** ,

- 129 (1993).
109. Shiozaki, R., Andersen, A.G., Hayakawa, T., Hamakawa, S., Suzuki, K., Shimizu, M., and Takehira, K.; *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, **93**, 3225 (1997).
110. Solymosi, F., Kutsán, G., and Erdöhelyi, A., *Catal. Lett.*, **11**, 149 (1991).
111. Solymosi, F., Erdöhelyi, A. and Cresényi, J.; *Catal. Lett.*, **16** (1992).
112. Somorjai, G. A.; *Introduction to Surface Chemistry and Catalysis*, Wiley, New York, 1994.
113. Soria, J., Coronado, J.M., and Conesa, J.C.; *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, **92**, 1618 (1996).
114. Stull, D. R., Edgar, F., Westrum, J., and Sinke, G. C., ; *The Thermodynamic of Organic Compounds*, Princeton University Press, Princeton, N J (1984).
115. Suh, D. J., and park, T. - J.; *Chem. Mater.*, **8**, 509 (1996).
116. Suh, D. J., Park, T. - J., Kim, T. - H., and Kim, K. - L., ; *J. Non - Cryst. Solids*, **225**, 168 (1998).
117. Swaan, H. M., Kroll, V. C. H., Martin, G. A., and Mirodatos, C.; *Catal. Today* **21**, 571 (1994).
118. Swaan, H. M., Kroll, V. C. H., Martin, G. A., and Mirodatos, C., *Catal. Today*, **21**, 571 (1994).
119. Takayasu, O., Soman, C., Takegahara, Y., and Mastsuura,

- I.; *Stud. Surf. Sci. Catal.* , **88** , 281 (1994).
120. Takehira , K. , Shishido , T. , Shoro , D. , Murakami , K. ,
Honda , M. , Kawabata , and Takaki , K. ; *Catal. Comm.* , **5** ,
209 (2004).
121. Tenner , S. ; *Hydrocarbon Process* , **64** , 106 (1985).
122. Tomishige , K. , Himeno , Y. , Matumoto , Y. , Yoshinaga ,
Y. , and Fujimoto , K. , *Ind . Eng . Chem . Res .* **39** , 1891
(2000).
123. Tomishige , K. ; *Catal. Today* , **89** , 405 (2004).
124. Tornaiainen , P. M. , Chu , X. , and Schemidt , L. D. ; *J. Catal.* ,
146 , 1 (1994).
125. Trovarelli , A. ; *Catal. Rev. - Sci. Eng.* , **38** , 439 (1996).
126. Tsipouriari , V. A. , Efstathiou , A. M. , and Verykios , X.
E. ; *J. Catal.* , **161** , 31 (1996).
127. Tsipouriari , V. A. , Efstathiou , A. M. , Zhang , Z. L. , and
Verykios , X. E. ; *Catal. Today* , **21** , 579 (1994).
128. Turler , P. , Pereira , E. B. , and Martin , G. A. ; *Proceedings
of the International Conference on Carbon dioxide Utilization
, Bari , (1993), P. 119.*
129. Valantini , A. , Carreño , N. L. V. , Probst , L. F. D. , L.
Filho , P. N. , Schreiner , W. H. , Lietz , E. R. , and Longo , E
; *Appl . Catal . A : Gener .* , **255** , 211 (2003).
130. Verykios , X. E. ; *Appl . Catal . A : General* **225** , 101 (2003).
131. Verykios , X. E. ; *Appl. Catal. A : Gener.* , **225** , 101 (2003).
132. Wang , H. Y. , and Au , C. T. ; *Appl. Catal. A : Gener.* , **155** ,

- 239 (1997).
133. Wang , H. Y. , and Ruckenstein , E. ; Appl. Catal. A : Gener. ,
204 , 143 (2000).
134. Wang , L . , Murata , K . , and Inaba , M . ; Catal . Commun .
4 , 147 (2003) .
135. Wang , Lercher , J . A . , and Haller , G . L . ; J. Catal. , 88 , 18
(1984).
136. Wang , Q . L . , Giannetto , G . , Torrealba , M . , Perot , G . ,
Kappenstein , C . , and Guisnet , M . ; J. Catal . , 130 , 459
(1991).
137. Wang , S. , and Lu , G. Q. M. ; Appl. Catal. B : Envir. , 16 ,
269 (1998).
138. Wang , S. , and Lu , G.Q. ; Appl. Catal. A : Gener. , 169 , 271
(1998).
139. Wang , S. , and Lu , G.Q. ; Appl. Catal. B : Envir. , 19 , 267
(1998).
140. Wang , S. , Lu , G. Q. M. , and Millar , G. ; J. , Energy and
Fuels , 10 , 896 (1996).
141. Wang , S. , Ph.D. Thesis , The university of Queensland , 1998.
142. Weckhuysen , B . , M . , Keller , D . E . ; Catal . Today 78 , 25
(2003) .
143. Wei , J . , and Iglesia , E . ; J . Catal . 225 , 116 (2004) .
144. Wei , J . - M . , Xu , B . - Q . , Li , J . - L . , Cheng , Z . - X . , and
Zhu , Q . - M . ; Appl. Catal. A : Gener. , 196 , L167 (2000).
145. Wei , J. , and Iglesia , E. ; J. Catal. , 225 , 116 (2004).

146. Weisz, P., Physik, Z.; Chem. N. F. **11**, 1 (1957).
147. Westheimer, F. H.; Chem. Rev., **61**, 265 (1961).
148. Wie, J., and Iglesia, E.; J. Catal., **224**, 370 (2004).
150. Winkler, A., Guo, X., Siddiqui, P. L., Hagans, P. L.,
and Yates, J. T.; Jr., Surf. Sci., **201**, 419 (1988).
151. Wong, T. T. T., Stakheev, A. Y., and Sachtler, W. M. H.;
J. Phys. Chem., **96**, 7733 (1992).
152. Xu, G., Shi, K., Gao, Y., Xu, H., and Wei, Y.; J. Mol.
Catal. A: Chem., **147**, 47 (1999).
153. Xu, H. Y., Su, X. X., Fan, Y. M., L. – Xu, G., Liu, J. X.,
Yu, W. G., and Zhou, P. H.; Petrol. Chem. Eng., **21**, 147
(1992).
154. Xu, L., Zhang, Z., and Sachtler, W. M. H.; J. Chem.
Soc., Faraday Trans., **88**, 2291 (1992).
155. Yamazaki, O., Nozaki, T., Omata, K., and Fujimoto, K.;
Chem. Lett., 1953 (1992).
156. Yao, C., and Yao, Y. F. Y.; J. Catal., **86**, 254 (1984).
157. Yokota, S., Okumura, K., and Niwa, M.; Catal. Lett., **84**,
131 (2000)
158. York, A. P. E., Claridge, J. B., Brungs, A. J., Tsang, S.
C. and Green, M. L. H., Chem. Comm. 39 (1997).
159. Zhang, Z., and Verykios, X. E., and Baerns, M.; Catal.
Rev. –Sci. Eng. **36**, 507 (1994).
160. Zhang, Z., and Verykios, X. E.; Catal. Today, **21**, 589
(1994).

161. Zhang , Z. , and Verykios , X.E. ; J. Chem. , Soc. , Chem. Comm. , 71 (1995).
162. Zhang , Z. , Verykios , X. E. , M. - Donald , S. M. , and Affrossman, S. ; J. Phys. Chem., **100** , 744 (1996).
163. Zhang , Z. L. , Tsipouriari , V. A. , Efastathiou , A. M. , and Verykios , X. E. ; J. Catal. , **158** , 51 (1996).

APPENDIX A

APPENDIX . A .

First Order Reaction Kinetic's Calculations :-

Given the volumetric analysis (percentage remained) of the reacting species in Table (A 1-3).

Table (A.1). Remaining Concentrations of CO_2 and CH_4 for Rh / $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ at the studied conditions .

Temperature	600 °C		700°C		800°C	
Space Velocity $\text{ccg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	CH_4	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4	CO_2
18000	41.53	28.38	32.97	22.37	5.17	6.56
36000	66.04	58.03	53.38	40.51	41.06	33.99
45000	73.99	56.59	69.59	48.95	63.02	43.2
60000	89.21	94.85	83.29	74.94	74.44	62.26

Table (A.2). Remaining Concentrations of CO_2 and CH_4 for Ru / $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ at the studied conditions .

Temperature	600 °C		700°C		800°C	
Space Velocity $\text{ccg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	CH_4	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4	CO_2
18000	88.26	91.04	87.44	81.62	85	69.91
36000	78.5	79.7	65.54	68.46	52.58	49.05
45000	78.95	73.69	73.38	70.95	67.83	59.35
60000	91.17	90.83	88.72	76.01	82.9	66.92

Table (A.3) . Remaining Concentrations of CO₂ and CH₄ for Ir / γ -Al₂O₃ at the studied conditions .

Temperature	600 °C		700°C		800°C	
Space Velocity ccg ⁻¹ .h ⁻¹	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂
18000	89.26	91.43	89.04	90.99	87.02	87.48
36000	89.05	89.22	86.44	81.51	75.37	67.01
45000	79.03	77.25	75.44	72.02	69.89	57.12
60000	98.63	97.43	99.46	94.22	95.03	92.89

The following procedure was used to calculate the conversion and hence the r.h.s of Eq. (17) as well as the weight – time term of the l.h.s of the same equation

Take as an example Rh / γ - Al₂O₃ catalyst for the reaction of CO₂ .

The partial pressure of CO₂ in the entering gases = 1 / 6 atm.

The entering CO₂ concentration =

$$C_{CO_2, in} = \frac{N_{CO_2}}{V} = \frac{P_{CO_2}}{RT} = \frac{0.167 atm.}{(0.082 lit.atm./mol.^{\circ}K \times 873^{\circ}K)}$$

$$= 0.0023 mol./l.$$

For a feed rate of 600 cc / min at 25°C :-

The volumetric flow rate flow rate =

$$600 \text{ cc / min} \times (\text{lit. / } 10^3 \text{ cc}) \times (60 \text{ min / h}) = 36 \text{ lit. / h .}$$

This flow rate is corrected for reaction temperature by :-

$$V_2 = V_1 \times T_2 / T_1 = 36 \times 873 / 298 = 105 \text{ lit. / hr .}$$

Then the entering molar flow rate :-

$$F_{CO_2} = C_{CO_2, in} \times V_2$$

$$= (0.0023 \text{ mol CO}_2 / \text{lit.}) (105 \text{ lit. / hr}) = 0.2415 \text{ mol. / hr .}$$

given the weight of catalyst utilized = 2 g , then the weight – time term in equation is calculated as :-

$$\frac{C_{CO_2, \infty} W}{F_{CO_2, 0}} = \frac{0.0023 \times 0.002}{0.2415} = 1.9 \times 10^{-5} (\text{kg .h / lit.})$$

The conversion X_{CO_2} is calculated from equation :-

$$X_{CO_2} = \frac{C_{CO_2, in} - C_{CO_2, out}}{C_{CO_2, in} + 0.33C_{CO_2, out}}$$

Where ϵ = expansion factor = 1 / 3 in our case as shown in chapter 5.

$C_{CO_2, out}$ is calculated as $C_{CO_2, in} \times \% \text{ remained}$.

The same calculation procedure is repeated at each flow rate for a given temperature.

The calculations results are given in Tables (A .4-6) for the Rh / γ -Al₂O₃, Ru / γ -Al₂O₃ and Ir / γ -Al₂O₃ respectively.

The value of $\{1.3 \ln 1 / (1 - X) - 0.3 X\}$ is plotted vs $\frac{C_{CO_2, ax} W}{F_{CO_2, o}}$ as shown in Fig (5.4-6) for each catalyst type.

The slope of the line = k' lit./hr. kg cat. the reaction rate constant.

For a first order reaction :-

$$-r'_{CO_2} = k' (\text{lit. / hr kg cat}) \times (C_{CO_2} \text{ mol / lit})$$

Table (A .4a) . The calculation needed to test the fit of Eq . (17) of CO₂ component for Rh / γ -Al₂O₃.

Temperature	$X = \frac{C_i - C_o}{(C_i + 0.33C_o)}$	$A = 1.33 \ln \frac{1}{1-X}$	$B = 0.33 X$	$A - B$	F_i	$C_i W / F_i$
$C_{i_0} = 0.0023 \text{ mol / lit.}$						
600 °C	0.0397	0.0539	0.0131	0.0408	0.805	5.7E-6
	0.3660	0.607	0.1210	0.486	0.605	7.6E-6
	0.3540	0.580	0.1168	0.463	0.483	9.5E-6
	0.6548	1.415	0.2161	1.199	0.242	19E-6
$C_{i_0} = 0.00209 \text{ mol / lit.}$						
700 °C	0.330	0.5326	0.1089	0.4237	0.8180	5.11E-6
	0.605	1.2354	0.1997	1.0357	0.6140	6.81E-6
	0.686	1.5406	0.2262	1.3142	0.4910	8.513E-6
	0.838	2.4208	0.2765	2.1443	0.2460	16.99E-6
$C_{i_0} = 0.0019 \text{ mol / lit}$						
800 °C	0.475	0.8569	0.1567	0.700	0.821	4.628E-6
	0.663	1.4466	0.2188	1.198	0.616	6.169E-6
	0.744	1.8122	0.2455	1.567	0.493	7.708E-6
	0.955	4.1245	0.3152	3.809	0.246	15.45E-6

Table (A .4b) . The calculation needed to test the fit of Eq (17) of CH₄ component for Rh / γ - Al₂O₃ catalyst .

Temperature	$X = \frac{C_i - C_o}{(C_i + 0.33 C_o)}$	$A = 1.33 \ln (1 / 1 - X)$	$B = 0.33 X$	$A - B$	F_i	$C_i W / F_i$
$C_{i,0} = 0.002139 \text{ mol / lit.}$						
600 °C	0.08269	0.114795	0.027288	0.087507	0.74866	5.714E-6
	0.2056	0.31192	0.06899	0.24293	0.5615	7.619E-6
	0.278833	0.43476	0.09215	0.34274	0.44919	9.524E-6
	0.514226	0.96028	0.16969	0.79058	0.2245	19.056E-6
$C_{i,0} = 0.00194 \text{ mol / lit.}$						
700 °C	0.13107	0.18686	0.04325	0.1436	0.7601	5.1046E-6
	0.2473	0.37785	0.081611	0.29623	0.570	6.8062E-6
	0.3964	0.67139	0.13080	0.54086	0.456	8.5087E-6
	0.60453	1.2336	0.19949	1.03431	0.228	17.017E-6
$C_{i,0} = 0.00177 \text{ mol / lit.}$						
800 °C	0.20519	0.30544	0.067714	0.2377	0.765	4.628E-6
	0.30613	0.48608	0.101024	0.38586	0.574	6.1716E-6
	0.51907	0.97359	0.17129	0.8023	0.459	7.715E-6
	0.93239	3.58307	0.300769	3.27538	0.229	15.432E-6

Table (A .5a) . The calculation needed to test the fit of Eq (17) CO_2 component for Ru / $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst .

Temperature	$X = \frac{C_i - C_o}{(C_i + 0.33C_o)}$	$A = 1.33 \ln (1 / 1 - X)$	$B = 0.33 X$	$A - B$	F_i	$C_i W / F_i$
$C_i = 0.0023 \text{ mol / lit.}$						
600 °C	0.06890	0.094947	0.022737	0.07221	0.805	5.7E-6
	0.15931	0.230798	0.05257	0.178226	0.605	7.6E-6
	0.211635	0.316266	0.06984	0.24643	0.483	9.5E-6
	0.07055	0.097309	0.02328	0.074027	0.242	19.0E-6
$C_i = 0.00209 \text{ mol / lit.}$						
700 °C	0.144799	0.20803	0.0477836	0.16025	0.818	5.11E-6
	0.25728	0.39558	0.084903	0.310682	0.614	6.81E-6
	0.23538	0.35695	0.077678	0.27927	0.491	8.513E-6
	0.19179	0.28320	0.06329	0.21991	0.246	16.99E-6
$C_i = 0.0019 \text{ mol / lit.}$						
800 °C	0.24449	0.37289	0.03068	0.2922	0.821	4.628E-6
	0.43852	0.767646	0.14471	0.62293	0.616	6.169E-6
	0.33992	0.55248	0.112175	0.440308	0.493	7.708E-6
	0.27096	0.42032	0.08941	0.330901	0.246	15.45E-6

Table (A .5b) . The calculation needed to test the fit of Eq. (17)CH₄ component for Ru / γ - Al₂O₃ catalyst.

Temperature	$X = \frac{C_i - C_0}{(C_i + 0.33C_0)}$	$A = 1.33 \ln (1/1-X)$	$B = 0.33 X$	$A - B$	F_i	$C_i W / F_i$
$C_{i_0} = 0.002139 \text{ mol / lit}$						
600 °C	0.0901	0.12678	0.030003	0.096774	0.74866	5.714E-6
	0.17076	0.24904	0.056352	0.192691	0.5615	7.619E-6
	0.16699	0.2430	0.055108	0.1879	0.44919	9.524E-6
	0.06787	0.09348	0.022399	0.07109	0.2245	19.05E-6
$C_{i_0} = 0.00194 \text{ mol / lit}$						
700 °C	0.09747	0.13640	0.03217	0.10424	0.7601	5.1046E-6
	0.2833	0.44306	0.09349	0.34956	0.570	6.8062E-6
	0.21431	0.32078	0.07072	0.25006	0.456	8.5087E-6
	0.08725	0.12142	0.02879	0.09263	0.228	17.017E-6
$C_{i_0} = 0.00177 \text{ mol / lit}$						
800 °C	0.11714	0.1657	0.038657	0.12705	0.765	4.628E-6
	0.40489	0.68848	0.133348	0.555137	0.574	6.171E-6
	0.26286	0.405622	0.08674	0.31888	0.459	7.715E-6
	0.13468	0.191759	0.044308	0.14745	0.229	15.432E-6

Table (A .6a) . The calculation of needed to test the fit of Eq (17)CO₂ component for Ir / γ - Al₂O₃ catalyst .

Temperature	$X = \frac{C_i - C_o}{(C_i + 0.33C_o)}$	$A = 1.33 \ln (1 / 1-X)$	$B = 0.33 X$	$A - B$	F_i	$C_i W / F_i$
$C_{i_0} = 0.0023 \text{ mol / lit.}$						
600 °C	0.061916	0.085008	0.020432	0.06457	0.805	5.7E-6
	0.08328	0.115647	0.02778	0.08817	0.605	7.6E-6
	0.18128	0.266026	0.05982	0.20620	0.483	9.5E-6
	0.01944	0.021197	0.006417	0.01970	0.242	19.0E-6
$C_{i_0} = 0.00209 \text{ mol / lit.}$						
700 °C	0.06929	0.095508	0.022867	0.07264	0.818	5.11E-6
	0.1457	0.20945	0.04808	0.161367	0.614	6.818E-6
	0.22607	0.34084	0.07460	0.26624	0.491	8.563E-6
	0.04409	0.05997	0.01455	0.04542	0.246	16.99E-6
$C_{i_0} = 0.0019 \text{ mol / lit.}$						
800 °C	0.09715	0.13593	0.03206	0.10387	0.821	4.628E-6
	0.27015	0.41885	0.08915	0.3297	0.616	6.169E-6
	0.36079	0.59521	0.11906	0.47615	0.493	7.708E-6
	0.05442	0.07442	0.01796	0.05645	0.246	15.45E-6

Table (A .6b) . The calculation of needed to test the fit of Eq (17) CH_4 component for Ir / γ - Al_2O_3 catalyst .

Temperature	$X = \frac{C_i - C_o}{(C_i + 0.33C_o)}$	$A = 1.33 \ln \frac{1}{(1-X)}$	$B = 0.33 X$	$A - B$	F_i	$\frac{C_i W}{F_i}$
$C_{i_0} = 0.002139 \text{ mol / lit.}$						
600 °C	0.08296	0.11519	0.02738	0.08781	0.74866	5.714E-6
	0.08463	0.11760	0.02793	0.08968	0.5615	7.619E-6
	0.1663	0.2419	0.05488	0.18705	0.44919	9.524E-6
	0.01033	0.01382	0.00341	0.0104	0.2245	19.05E-6
$C_{i_0} = 0.00194 \text{ mol / lit.}$						
700 °C	0.08471	0.11772	0.027954	0.089769	0.7601	5.105E-6
	0.10550	0.14829	0.034817	0.113473	0.570	6.806E-6
	0.19664	0.291214	0.064892	0.22632	0.456	8.509E-6
	0.00414	0.05519	0.001366	0.00415	0.228	17.017E-6
$C_{i_0} = 0.00177 \text{ mol / lit.}$						
800 °C	0.10084	0.14137	0.033278	0.108096	0.165	4.628E-6
	0.1972	0.2922	0.06509	0.22711	0.574	6.171E-6
	0.2446	0.37319	0.080741	0.29245	0.459	7.715E-6
	0.0378	0.05129	0.01248	0.03881	0.229	15.432E-6

ARABIC SUMMARY

تحويل الغاز الطبيعي بوا سطة ثاني أكسيد الكربون لإنتاج غاز التخليق

رساله مقدمه للحصول على
درجة ماجستير الفلسفة في العلوم

من

رضوى عباس مصطفى السيد السلاموني
بكالوريوس علوم - جامعة عين شمس

تحت إشراف

أ. د. صلاح عبد الغني أبو العينين
أستاذ الكيمياء الفيزيائية و مواد البناء بكلية العلوم - جامعة عين شمس .

أ. د. سهام علي التمتامي
أستاذ الهندسة الكيميائية - معهد بحوث البترول .

أ. د. عقيله كامل المرسي
أستاذ الهندسة الكيميائية - معهد بحوث البترول .

إلى

قسم الكيمياء
كلية العلوم - جامعة عين شمس

القاهرة - ٢٠٠٥ م

تحويل الغاز الطبيعي بواسطة ثاني أكسيد الكربون لإنتاج غاز التخليق

مقدمه من :-

رضوى عباس السلاموني
كيميائي بمعهد بحوث البترول

التوقيع

المشرفون :-

١. د. صلاح عبد الغني أبو العينين

أستاذ الكيمياء الفيزيائية و مواد البناء
بكلية العلوم - جامعة عين شمس .

١. د. سهام علي التمتامي

أستاذ الهندسة الكيميائية
قسم تطوير العمليات - معهد بحوث البترول .

١. د. عقيله كامل المرسي

أستاذ الهندسة الكيميائية - ورئيس قسم تطوير العمليات
معهد بحوث البترول .

رئيس قسم الكيمياء بكلية العلوم
جامعة عين شمس
١. د. محمد أحمد القصبي

القاهرة - ٢٠٠٥ م

شكر

اشكر السادة الأساتذة الذين أشرفوا على رساله وهم :

١ - ١ . د . صلاح عبد الغني أبو العينين .

٢ - ١ . د . سهام علي التمتامي .

٣ - ١ . د . عقيله كامل المرسى .

و أشكر كل من تعاون معي في هذا البحث وهما : -

د . أشرف يحيى النجار .

د . سلوى عبد الواحد غنيم .

و كذلك الهيئات الآتية : -

١ - جامعة عين شمس .

٢ - معهد بحوث البترول .

جامعة عين شمس
كلية العلوم

- اسم الطالب :- رضوي عباس مصطفى السيد السلاموني
الدرجة العلمية :- ماجستير الفلسفه في العلوم " كيمياء"
القسم :- الكيمياء .
الكلية :- العلوم .
الجامعة :- عين شمس .
سنة التخرج :- ١٩٩٨ م .
سنة المنح :- ٢٠٠٥ م .

رسالة ماجستير

اسم الطالب :- رضوى عباس مصطفى السيد السلاموني .

عنوان الرسالة :- تحويل الغاز الطبيعي بواسطة ثاني أكسيد الكربون
لإنتاج غاز التخليق .

اسم الدرجة :- ماجستير الفلسفة في العلوم " كيمياء " .

لجنة الإشراف :-

١ - د. صلاح عبد الغني أبو العينين
أستاذ الكيمياء الفيزيائية و مواد البناء
بكلية العلوم - جامعة عين شمس .

٢ - د. سهام علي التمتامي
أستاذ الهندسة الكيميائية قسم تطوير العمليات
معهد بحوث البترول .

٣ - د. عقيله كامل المرسى
أستاذ الهندسة الكيميائية - ورئيس قسم تطوير العمليات
معهد بحوث البترول .

لجنة التحكيم

الدراسات العليا

موافقة مجلس الكلية
/ / ٢٠٠٥ م

ختم الإجازة

أجيزت الرسالة بتاريخ
/ / ٢٠٠٥ م

موافقة مجلس الجامعة
/ / ٢٠٠٥ م

الملخص العربي

يلعب الغاز الطبيعي دوراً مهماً وحيوياً في حياة الإنسان ، إذ أنه من أهم المصادر الطبيعية النظيفة للحصول على الوقود و هناك العديد من الأبحاث التي تتم لتحويل الغاز الطبيعي الى غاز التخليق (هيدروجين + أول أكسيد الكربون) و الذي بدوره يشكل المصدر الرئيسي لصناعة العديد من المركبات الكيميائية مثل الميثانول و ثنائي ميثيل الايثر الذي يعتبر وقود القرن الحادي و العشرين باستخدام الحفازات ، كما أنه مصدر مهم لتفاعل Fisher – Tropsch الذي يحول الغاز الطبيعي الى وقود سائل و المعروف ب (GTL) أيضا يعتبر غاز التخليق المصدر الأساسي لكثير من العمليات الكيميائية كالهدرجة و الأختزال و غيرها .

اتجهت الأنظار في نهاية القرن الماضي لتحضير غاز التخليق من الغاز الطبيعي باستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون كعامل مؤكسد و ذلك لما له من أضرار على البيئة فهو أحد العناصر الضارة المساهمة بشده في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري .

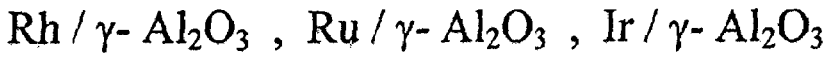
كذلك يعتبر ارتفاع المحتوى الحراري المرتبط بهذا التفاعل و تفاعله العكسي مصدراً مهماً لتخزين الطاقة (للطاقة المتجددة) .

و كما هو معروف فقد تم اكتشاف كميات كبيرة من الغاز الطبيعي في مصر خلال السنوات الأخيرة مما يجدر بنا محاولة الاستفادة من هذا الكنز الذي أنعم الله به على هذه البلاد .

و لقد اعتمدنا في هذا البحث على دراسة الغاز الطبيعي المصري لانتاج غاز التخليق و ليس فقط الميثان و الذي يمثل المكون الرئيسي للغاز الطبيعي .

و قد استخدم المفاعل ذو المهد الثابت (Fixed Bed) والمكون من أنبوب زجاجي قطره ١٣ مم و طوله ١٢ سم حيث تدفع الغازات المغذية (ثاني أكسيد الكربون ، الغاز الطبيعي ، النيتروجين) بنسبة ١ : ١ : ٤ في وجود ٢ جم من الحفاز تحت الاختبار.

و قد تم تحضير ثلاثة أنواع من الحفازات المحتوية على نسبة ٥،٠ % من معادن الروديوم ، الروثينيوم ، و الايريديوم المحملة على الجاما ألومينا

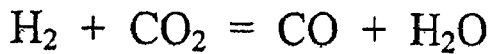


و قد تم دراسة تأثير درجة الحرارة عند ثلاث مستويات هي ٦٠٠، ٧٠٠، ٨٠٠ °م لسرعه الفراغيه عند أربع قيم هي ١٨٠٠٠، ٣٦٠٠٠، ٤٥٠٠٠، ٦٠٠٠٠ سم^٣ جم^{-١} س^{-١} لتحديد الظروف المثلى للتشغيل .

و أخيرا ، تمت دراسة كيناتيكية التفاعل و تحديد الطاقة المنشطه باستخدام معادلة Arrhenius .

بصفه عامه فان نشاط هذا التفاعل يزيد مع زيادة درجة الحرارة حيث أنه تفاعل ماص للحراره ، و كذلك يزيد نشاطه مع نقصان السرعه الفراغيه (يعني زيادة وقت بقاء المتفاعلات على الحافز أو وقت التقاء المتفاعلات) .

كذلك وجد أن درجة الانتقائيه (selectivity) تجاه مكونات غاز التخليق CO / H_2 تزيد مع زيادة درجة الحرارة و نقصان السرعه الفراغيه ، و كانت دائما نسبة الهيدروجين / أول أكسيد الكربون أقل من ١ و ذلك يفسر حدوث العديد من التفاعلات الجانبيه أهمها تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء و الذي ينتج عنه مزيد من أول أكسيد الكربون (RWGS)



و قد تم تحديد الظروف المثلى للحصول على أعلى نسبة للهيدروجين/ أول أكسيد الكربون ووجد أنه بالنسبه للحافز $\text{Rh} / \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ فان أحسن ظروف هي درجة حراره ٧٠٠ °م و ٣٦٠٠٠ سم^٣ جم^{-١} س^{-١} و بالنسبه للحافز $\text{Ru} / \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ فان أحسن ظروف هي درجة حراره ٨٠٠ °م و ١٨٠٠٠ سم^٣ جم^{-١} س^{-١} أما بالنسبه

الملخص العربي

للحافز $\text{Ir} / \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ فإن أحسن ظروف هي درجة حراره 700°C و 36000 سم^2 جم⁻¹ س⁻¹ .

كذلك وجد أن جميع الحافزات تتبع سلوك تفاعل الدرجة الأولى $1^{\text{st}} \text{ order}$ reaction بالنسبة لكل من الميثان و ثاني أكسيد الكربون عند كل درجات الحراره المختبره ، و تم ايجاد العلاقه بين ثابت التفاعل k' و درجة الحراره باستخدام علاقه Arrhenius و كان متوسط الطاقه المنشطه للتفاعل بالنسبه الى ثاني أكسيد الكربون $46250 \text{ جول} / \text{مول}$ و بالنسبه للميثان كانت $31530 \text{ جول} / \text{مول}$.

في النهايه لوحظ أن الحافز $\text{Rh} / \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ أظهر أفضل النتائج بالمقارنه بالحافزين الآخرين المستخدمين .

و كانت الظروف المثلى لاستخدامه هي 18000 سم^2 جم⁻¹ س⁻¹ بالنسبه للسرعه الفراغيه و 800°C م بالنسبه لدرجة الحراره و أعلى نسبه للهيدروجين/ أول أكسيد الكربون كانت عند 36000 سم^2 جم⁻¹ س⁻¹ و 700°C .