



پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی

شبیه سازی واحد تولید متانول با استفاده از غشای
پالادیم - نقره و زئولیت

بوسیله
هانیه مقدم

استاد راهنما
دکتر عبدالحسین جهانمیری

شهریور 1390

رسالة محمد

به نام خدا

شبییه سازی واحد تولید متانول با استفاده از غشای پالادیم - نقره و زئولیت

بوسیله:

هانیه مقدم

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیتهای
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی شیمی

از دانشگاه شیراز

واحد بین الملل

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه‌ی:
دکتر عبدالحسین جهانمیری، استاد بخش مهندسی شیمی (رییس کمیته).....
دکتر محمدرضا رحیم پوره، استاد بخش مهندسی شیمی
دکتر پیمان کشاورز، استاد یار بخش مهندسی شیمی

شهریور ۱۳۹۰

هدیه به

به پدرم

که درس تلاش و شجاعت را در کتب او آموختم

به مادرم

که صبر و ارادت تمام آموخت

و به همه مردم

که بوی طه به بوی یاری نرود.

سپاسگزاری

اکنون که به یاری خداوند متعال این تحقیق به پایان رسیده است بر خود لازم می دانم از عزیزانی که بر من منت نهادند و در طول تحصیل همگام و همراه بوده اند تشکر و سپاسگزاری می نمایم.

در انجام تمام مراحل این پروژه از راهنمائیهای ارزشمند و بیدریغ استاد گران قدر جناب آقای دکتر عبدالحسین جهانمیری (استاد راهنما) برخوردار بودم. بی شک بدون این همکاری و مساعدت انجام مراحل پایان نامه امکان پذیر نبود. با سپاس فراوان از اساتید محترم جناب آقای دکتر محمدرضا رحیم پور و جناب آقای پیمان کشاورز (اساتید مشاور) که در به ثمر رسیدن این مجموعه به من کمک کردند تشکر و سپاسگزاری می کنم. با سپاس فراوان از جناب آقای دکتر پیام پرواسی که به بار نشستن این پایان نامه را مدیون زحمات این بزرگوار هستم تشکر و سپاسگزاری می کنم.

چکیده

شبیه سازی واحد تولید متانول با استفاده از غشای پالادیم - نقره و زئولیت

بوسیله ی:

هانیه مقدم

در کار حاضر، در ابتدا راکتور متانول با استفاده از دو نوع غشا، پالادیم- نقره و آب دوست زئولیت *ZSM-5*، شبیه سازی شده است. غشای اول تنها قابلیت نفوذپذیری نسبت به هیدروژن را دارد و با این کار هیدروژن بطور پیوسته از گاز سنتز خوراک به راکتور منتقل می شود. غشای دوم جهت برداشت آب و متانول از راکتور در نظر گرفته شده است که منجر به افزایش تولید متانول می گردد که این نتیجه را مدلسازی هم تایید می کند. اما بحث جداسازی مطرح می شود که هزینه زیادی را در بر می گیرد. در نتیجه، برای برطرف کردن این مشکل، از غشاء آب دوست دیگری مانند آمورفوس استفاده می شود که فقط آب را از خود عبور می دهد و میزان نفوذ متانول از بین غشا ناچیز و قابل صرف نظر کردن باشد. مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی نسبت راکتور معمولی در شرایط پایا نشان می دهد که عملکرد غشایی بهتر است. همچنین تاثیر غلظت متانول خروجی از راکتور را به ازای نسبتهای مختلف طول غشاء بررسی شده است و بهینه ترین، حالتی است که طول غشاء پالادیم- نقره 10٪ طول راکتور و طول غشاء آمورفوس 90٪ طول راکتور باشد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	فصل اول: مقدمه
1	1-1- معرفی متانول
2	2-1- خصوصیات متانول
6	3-1- کاربردهای متانول
8	4-1- انواع روشهای تولید متانول
9	5-1- فرایند تولید متانول
10	1-5-1- تهیه گاز سنتز
11	2-5-1- سنتز متانول
12	3-5-1- تقطیر متانول
12	6-1- واکنشهای تولید متانول
14	7-1- کاتالیزورهای متانول
18	فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته
21	فصل سوم: مدل پیشنهادی جهت راکتور تولید متانول
21	3-1- راکتورهای غشایی
21	3-2- غشاء
23	3-2-1- افزایش هیدروژن با استفاده از غشاء اول
23	3-2-1-1- غشاء پالادیم - نقره
25	3-2-1-2- شدت نفوذ هیدروژن از بین غشاء پالادیم - نقره
26	3-2-2- برداشت آب (آب زدایی) با استفاده از غشاء دوم
27	3-2-2-1- غشاء ژئولیتی ZSM-5

صفحه	عنوان
31	3-2-2-2- شدت نفوذ آب از بین غشاء زئولیت ZSM-5
32	3-3- تشریح فرایند راکتور متانول با استفاده از غشای پالادیم- نقره و زئولیت ZSM-5
33	3-4- هدف از انجام تحقیق فصل چهارم: مدلسازی
35	4-1- فرضیات
35	4-2- شبیه سازی راکتور متانول
35	4-2-1- معادلات جرم و انرژی راکتور تولید متانول
38	4-2-2- معادلات سینتیکی سرعت
41	4-2-3- معادله سینتیکی افت فعالیت کاتالیست
41	4-2-4- حل دستگاه معادلات فصل پنجم: نتایج و بحث
43	5-1- مقایسه نتایج شبیه سازی در طول راکتور بدون غشاء و راکتور معمولی
45	5-2- مقایسه نتایج شبیه سازی در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و زئولیت) با راکتور معمولی
45	5-2-1- شدت جریان مولی متانول
46	5-2-2- تغییرات میزان نفوذ CH_3OH در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و زئولیت)
46	5-3- شدت نفوذ آب و متانول از بین غشاء آب دوست آمورفوس
47	5-3-1- مقایسه نتایج شبیه سازی در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و آمورفوس) با راکتور معمولی
47	5-3-1-1- شدت جریان مولی متانول
48	5-3-1-2- شدت جریان مولی CO_2
49	5-3-1-3- شدت جریان مولی CO
49	5-3-1-4- شدت جریان مولی H_2
50	5-3-1-5- شدت جریان مولی H_2O
51	5-3-1-6- تغییرات میزان نفوذ H_2 در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و آمورفوس)

- 52 7-1-3-5- تغییرات میزان نفوذ H_2O در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم-
نقره و آمورفوس)
- 53 8-1-3-5- تغییرات دما در طول راکتور غشایی
- 54 9-1-3-5- تغییرات دمای لوله مرکزی در طول راکتور
- 55 2-3-5- تاثیر تغییر دمای گاز سنتز ورودی به لوله مرکزی بر روی غلظت متانول
خروجی
- 55 3-3-5- تاثیر تغییر فشار گاز سنتز ورودی به لوله مرکزی بر روی غلظت متانول
خروجی
- 56 4-3-5- تاثیر تغییر نسبت طول غشاها بر روی غلظت متانول خروجی
- 57 4-5- نتیجه گیری
- 59 - مراجع
- چکیده به زبان انگلیسی

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان و شماره
2	جدول شماره 1: خصوصیات فیزیکی متانول
5	جدول شماره 2: نسبت دانسیته و ترکیب مخلوط متانول و آب
5	جدول شماره 3: ویسکوزیته های مخلوط های آب- متانول در دمای 25°C
7	جدول شماره 4: کاربردهای متانول
26	جدول شماره 5: مشخصات غشاء پالادیم- نقره
27	جدول شماره 6: لیستی از غشاهای آب دوست در مقالات
30	جدول شماره 7: انواع غشاهای زئولیتی
31	جدول شماره 8: ضریب نفوذ اجزا از بین غشاء زئولیت ZSM-5 در دمای اتاق
37	جدول شماره 9: ثابتهای مربوط به محاسبه C_p
38	جدول شماره 10: جرم مولکولی و حجم بحرانی اجزای موجود در راکتور
40	جدول شماره 11: ضریب فوگاسیته اجزای مخلوط گازی در دمای ورودی 502/12 K و فشار ورودی 76/98 bar
43	جدول شماره 12: مشخصات خوراک تازه
44	جدول شماره 13: مقایسه متانول خروجی از راکتور شبیه سازی شده در حالت بدون غشا با راکتور معمولی شیراز
47	جدول شماره 14: ضریب نفوذ آب و متانول از بین غشاء آمورفوس
48	جدول شماره 15: مقایسه متانول خروجی از راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و آمورفوس) با راکتور معمولی شیراز

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان و شماره
4	شکل شماره 1: فشار بخار خالص متانول نسبت به دما (دماهای پایین)
4	شکل شماره 2: فشار بخار خالص متانول نسبت به دما (دماهای بالا)
25	شکل شماره 3: سطح خارجی و سطح مقطعی از غشاء پالادیم- نقره
29	شکل شماره 4: سه نوع متفاوت جداسازی در غشای زئولیت
31	شکل شماره 5: سطح خارجی و سطح مقطعی از غشاء زئولیتی ZSM-5
32	شکل شماره 6: راکتور غشایی پیشنهادی
44	شکل شماره 7: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی CH_3OH در طول راکتور بدون غشاء با راکتور معمولی
45	شکل شماره 8: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی CH_3OH در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و زئولیت) با راکتور معمولی
46	شکل شماره 9: تغییرات میزان نفوذ CH_3OH در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و زئولیت)
46	شکل شماره 10: سطح بالای غشاء آمورفوس
47	شکل شماره 11: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی CH_3OH در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم- نقره و آمورفوس) با راکتور معمولی
48	شکل شماره 12: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی CO_2 در طول راکتور غشایی با راکتور معمولی
49	شکل شماره 13: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی CO در طول راکتور غشایی با راکتور معمولی
50	شکل شماره 14: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی H_2 در طول راکتور غشایی با راکتور معمولی
51	شکل شماره 15: مقایسه تغییرات شدت جریان مولی H_2O در طول راکتور غشایی با راکتور معمولی
52	شکل شماره 16: تغییرات میزان نفوذ H_2 در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم-

نقره و آمورفوس)

- 53 شکل شماره 17: تغییرات میزان نفوذ H_2O در طول راکتور غشایی (غشاهای پالادیم - نقره و آمورفوس)
- 54 شکل شماره 18: مقایسه تغییرات دما در طول راکتور غشایی با راکتور معمولی
- 54 شکل شماره 19: تغییرات دمای لوله مرکزی در طول راکتور
- 55 شکل شماره 20: تاثیر تغییر دمای گاز سنتز ورودی به لوله مرکزی بر روی غلظت متانول خروجی
- 56 شکل شماره 21: تاثیر تغییر فشار گاز سنتز ورودی به لوله مرکزی بر روی غلظت متانول خروجی
- 57 شکل شماره 22: تاثیر تغییر نسبت طول غشاها بر روی غلظت متانول خروجی

فهرست نشانه های اختصاری

a	[-]	فعالیت کاتالیست
A_c	$[m^2]$	سطح مقطع هر لوله
A_i	$[m^2]$	سطح داخلی هر لوله
A_o	$[m^2]$	سطح خارجی هر لوله
C_{pg}	$[J/mole]$	گرمای ویژه گاز در فشار ثابت
C_{ph}	$[J/mole]$	گرمای ویژه هیدروژن در فشار ثابت
C_{pi}	$[J/mole]$	گرمای ویژه در فشار ثابت برای هر جزء i
C_t	$[mole/m^3]$	غلظت مولی جریان گاز
d_p	$[m]$	قطر ذره های کاتالیست
D_i	$[m^2/s]$	قطر داخلی لوله
D_{ij}	$[m^2/s]$	ضریب نفوذ جز i در j
D_{im}	$[m]$	ضریب نفوذ جز i در مخلوط
D_o	$[m]$	قطر خارجی لوله
D_{ri}	$[m]$	قطر داخلی سمت واکنش
D_{ro}	$[m]$	قطر خارجی سمت لوله
E_d	$[J/mole]$	انرژی اکتیواسیونی که در مدل افت فعالیت استفاده می شود
F_t^r	$[mole/s]$	کل جریان مولی گاز در سمت واکنش
F_t^t	$[mole/s]$	کل جریان مولی گاز در سمت لوله
f_i	$[bar]$	فوغاسیته جزئی جزء i
$DH_{f,i}$	$[J/mole]$	آنتالپی تشکیل جزء i
DH_{298}	$[J/mole]$	آنتالپی واکنش در 298 درجه کلوین
$h_{coolant}$	$[W/m^2K]$	ضریب انتقال حرارت آب جوش در خنک کننده
$h_{membrane tube}$	$[W/m^2K]$	ضریب انتقال حرارت میان فاز گاز در سمت لوله و دیواره غشایی
$h_{Reaction bed}$	$[W/m^2K]$	ضریب انتقال حرارت میان فاز گاز در سمت واکنش و دیواره

	راکتور
K [W/m ² K]	ضریب هدایت فاز گاز
K_d [1/h]	ثابت افت فعالیت کاتالیست
K_i [1/bar]	ثابت تعادل جذب برای جزء i
K_{Pi} [-]	ثابت تعادل برای جزء i
$K_{membrane}$ [W/m ² K]	ضریب هدایت غشا در لوله
K_w [W/m ² K]	ضریب هدایت آب
k_1 [mole/Kg.s.bar]	ثابت سرعت واکنش برای اولین معادله سرعت
k_2 [mole/Kg.s.bar]	ثابت سرعت واکنش برای دومین معادله سرعت
k_3 [mole/Kg.s.bar]	ثابت سرعت واکنش برای سومین معادله سرعت
L [m]	طول راکتور
M_i [gr/mole]	جرم مولکولی جز i
N [-]	تعداد اجزا گاز سنتز
P [bar]	فشار آب جوش
P_a [bar]	فشار اتمسفری
$Permeance_i$ [mol/s.m ² .Pa]	شدت نفوذ اجزا از بین غشاء زئولیت ZSM-5
$P_{H_2}^t$ [bar]	فشار جزئی هیدروژن در سمت لوله
P_i^r [bar]	فشار در سمت واکنش برای هر جزء i
P_i^t [bar]	فشار در سمت لوله برای هر جزء i
Pr [-]	عدد پرانتل
\bar{P} [mole/m.s ² .Pa ^{0.5}]	قابلیت نفوذ هیدروژن
R [J/mole K]	ثابت عمومی گازها
R_{ave} [m]	میانگین شعاع در لوله
Re [-]	عدد رینولدز
R_i [m]	شعاع داخلی لایه پالادیم
R_o [m]	شعاع خارجی لایه پالادیم
r_1 [mole/kg hr]	سرعت واکنش هیدروژناسیون CO
r_2 [mole/kg hr]	سرعت واکنش هیدروژناسیون CO ₂
r_3 [mole/kg hr]	سرعت واکنش شیفت آب-گاز
r_i [mole/kg hr]	سرعت واکنش برای جزء i
Sc_i [-]	عدد اشمیت
T [K]	دمای فاز گاز

T_R [K]	دمای مرجع استفاده شده در سرعت افت فعالیت کاتالیست
T_s [K]	دمای کاتالیست
T_{sat} [K]	دمای آب اشباع خنک کننده در فشار عملیاتی سمت پوسته
T_{shell} [K]	دما در جریان خنک کننده
T^r [K]	دما در سمت واکنش
T^t [K]	دما در سمت لوله
U_{shell} [W/m ² K]	ضریب کلی انتقال حرارت میان فاز گاز در سمت واکنش و آب جوش در سمت خنک کننده
U_{tube} [W/m ² K]	ضریب کلی انتقال حرارت میان فاز گاز در لوله غشایی و فاز گاز در سمت واکنش
u_g [m/s]	سرعت خطی فاز گاز
v_{ci} [cm ³ /mole]	حجم بحرانی جز i
y_i [-]	کسر مولی جزء i در فاز گاز
Δz [m]	المانی از محور راکتور
α_H [mole/m.s.Pa ^{0.5}]	ثابت نفوذ پذیری هیدروژن از لایه پالادیم - نقره
Greek letters	
e_B [m ³ .m ⁻³]	جزء خالی بستر کاتالیست
μ [Kg/m.s]	ویسکوزیته فاز گاز
r [Kg/m ³]	دانسیته فاز گاز
r_B [Kg/m ³]	دانسیته بستر راکتور
η [-]	ضریب کارایی کاتالیست
Superscripts	
in	شرایط ورودی
out	شرایط خروجی

فصل اول

1- مقدمه

1-1- معرفی متانول

متانول (CH_3OH) در دمای محیط مایعی است خنثی، سبک و بدون رنگ با بویی تقریباً تند که در صورت خالص بودن بوی ملایم الکل را دارد. متانول با نام متیل الکل یا الکل متیلیک یا الکل چوب نیز شناخته می‌شود. الکل چوب واقعی که متانول ترکیب اصلی آن است، از تقطیر چوب بدست می‌آید و همچنین در محصولات تقطیر شده اسید *pyroligneous* نیز یافت می‌شود. الکل چوب به جز زمانی که به شدت خالص سازی شده است، دارای بوی تند می‌باشد. عامل اصلی این بوی تند وجود استون، اسید استیک و آلیل الکل می‌باشد. این ماده دارای شعله بی‌رنگ و سمی است که حتی خوردن کمی از آن مرگ آور است. در بیشتر مواقع اثرات سمی آن بعد از چند ساعت و بعضی اوقات 2 تا 3 روز بعد ظاهر می‌شود. متانول در بیشتر مواقع روی اعصاب بینایی نیز اثر می‌گذارد. خوردن 5 میلی لیتر از متانول کافی است تا بینایی را از بین ببرد. تنفس آن نیز به مدت طولانی، اثرات مسموم کننده دارد. در هنگام استفاده از متانول، باید از ماسک و دستکش استفاده کرد چون از طریق تنفس و پوست نیز می‌تواند جذب شود.

متانول یکی از مهمترین مواد در پتروشیمی است که بعنوان سوخت در موتورهای با سیستم احتراق داخلی استفاده می‌شود. متانول تولید شده از چوب و سایر ترکیبات آلی را متانول آلی یا بیوالکل می‌نامند که یک منبع تجدید نشدنی برای سوخت است و می‌توان جایگزین مشتقات نفت خام شود. با این همه از بیوالکل 100 در صد نمی‌توان در ماشین‌های دیزلی بدون ایجاد تغییر در موتور ماشین استفاده کرد و نیز به عنوان حلال و ضد یخ و ماده اولیه در تهیه مواد شیمیایی از قبیل فرمالدئید، دی‌متیل ترفتالات، پروپیلن، دی‌متیل اتر، متیل هالیدها، متیل آمین‌ها و اسید استیک استفاده کرد [1]. مهمترین موارد استفاده گاز طبیعی، صادرات گاز طبیعی، تولید نیرو و تبدیل به مواد ثانوی می‌باشد. در بین تبدیل گاز طبیعی به موارد دیگر، تبدیل به متانول از اهمیت تجاری بیشتری برخوردار می‌باشد. متانول با درجات خلوص مختلف کاربردهای متنوعی در زمینه های آزمایشگاهی و صنعتی دارد (Kirk-1974).
(Othmer)

الف) متانول با خلوص کمتر از 90 در صد به نام الکل صنعتی معروف بوده و مصارف پزشکی دارد.

ب) متانول با کیفیت کمتر از 90 در صد عموماً مصارف آزمایشگاهی دارد.

ج) متانول با کیفیت خیلی خالص برای صنایع تولید نیمه هادیها بکار می رود. علاوه بر درجات خلوص آزمایشگاهی متانول تجارتي عموماً بر اساس درجات خلوص A و AA از ASTM نیز طبقه بندی می شود. ترکیب متانول بر اساس شرایط سنتز متغیر است. علاوه بر آب ناخالصیهایی مهم دیگر متانول عبارتند از: استن، استالدئید، اتانول و الکلهای سنگینتر، متیل فرمات و استرهای سنگینتر.

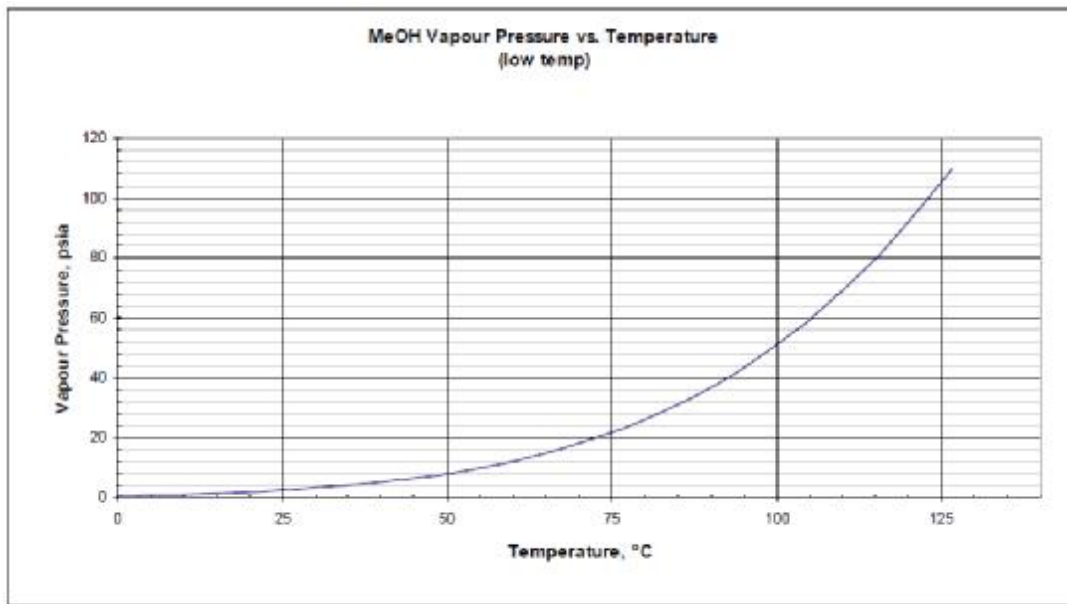
1-2- خصوصیات متانول

خصوصیات فیزیکی متانول در جدول 1 داده شده است. شکل 1 و 2 نیز فشار بخار متانول خالص را در دماهای پایین و بالا نسبت به دما را نشان می دهد.

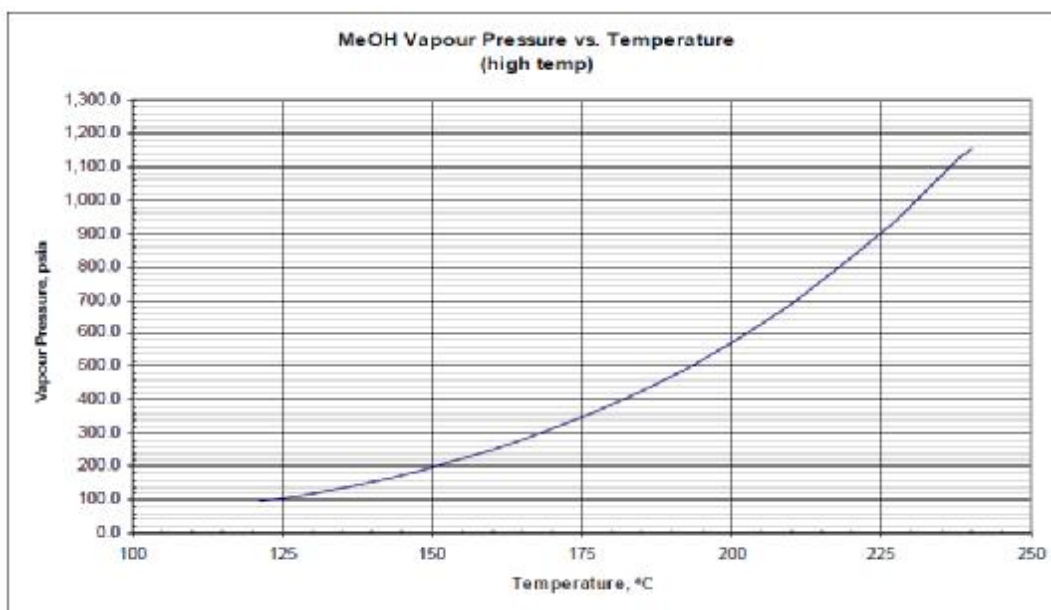
جدول 1- خصوصیات فیزیکی متانول

مقدار خصوصیت فیزیکی	خصوصیت فیزیکی (واحد)
$32/04 \text{ gmol}^{-1}\{2\}$	وزن مولکولی
$512K \{3\}$	دمای بحرانی
$8/084 \text{ MPa} \{2\}$	فشار بحرانی
$0/2715 \text{ g cm}^{-3} \{3\}$	دانسیتته بحرانی
$0/224\{3\}$	فاکتور ضریب تراکم پذیری
	چگالی نسبی مایع
$0/7960\{4\}$	$15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$0/7915\{4\}$	$20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$0/7866\{4\}$	$25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$1/11\{4\}$	بخار
	فشار بخار
$12/8 \text{ kPa} \{5\}$	20°C
$16/96 \text{ kPa} \{4\}$	25°C
	گرمای نهان تبخیر
$37/43 \text{ kJmol}^{-1}\{2\}$	$25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$35/21 \text{ kJmol}^{-1}\{2\}$	$64/6^{\circ}\text{C}$
	ظرفیت گرمایی در فشار ثابت (25°C)

81/08 $Jmol^{-1}K^{-1}$ {3} 44/06 $Jmol^{-1}K^{-1}$ {3}	مایع بخار
0/00149 $per^{\circ}C$ {2} 0/00159 $per^{\circ}C$ {2}	ضریب انبساط حجمی گرمایی 20°C 40°C
64/6°C {2}	نقطه جوش 760 mmHg
-97/6°C {2}	نقطه انجماد
<i>Open vessel(TCC method):</i> 12/2°C {6} <i>Closed vessel(TOC method):</i> 15/6°C {3}	نقطه اشتعال
1/258 $mPa s$ {2} 0/793 $mPa s$ {2} 0/544 $mPa s$ {2}	ویسکوزیته مایع -25°C 0°C 25°C
9/68 $\mu Pa s$ {3} 13/2 $\mu Pa s$ {3}	بخار 25°C 127°C
22/6 $mN m^{-1}$ {7} 22/07 $mN m^{-1}$ {2}	کشش سطحی 20°C 25°C
1/33066{4} 1/32840{4} 1/32652{4}	ضریب شکست 15°C 20°C 25°C
207 $mW m^{-1}K^{-1}$ {2} 200 $mW m^{-1}K^{-1}$ {2}	رسانندگی گرمایی مایع 0°C 25°C
14/07 $mW m^{-1}K^{-1}$ {2} 26/2 $mW m^{-1}K^{-1}$ {2}	بخار 100°C 127°C
726/1 $kJmol^{-1}$ {2} 638/1 $kJmol^{-1}$ {2}	گرمای احتراق گرمای سوختن بالا در 25°C گرمای سوختن پایین در 25°C
6 (V/V)% {4} 36/5 (V/V)% {4}	محدوده اشتعال پذیری حد پایینی حد بالایی



شکل 1- فشار بخار خالص متانول نسبت به دما (دماهای پایین)



شکل 2- فشار بخار خالص متانول نسبت به دما (دماهای بالا)

خصوصیات فیزیکی مخلوط آب- متانول نیز برای شناسایی متانول بسیار مهم است. چرا که این ماده عموماً به صورت محلول آبی بکار برده می شود. برخی از نتایج مطالعات این سیستم که توسط *Riddick* و *Carr* انجام شده در جدول 2 و 3 آورده شده است. تقریباً بیش از 110 ماده مانند استون، بنزن، تولوئن، گزین، کربن دی سولفاید، نرمال هگزان، استیرن و کلروفرم با متانول تشکیل مخلوط با نقطه جوش ثابت می سازند.