

الفصل الثالث

دراسة العينات الطبقية باستخدام آلة P.V.T بالطريقة

التماسية والتفاضلية

١ - حساب النتائج وتوضيحها :

عند القيام بالتجارب على آلة P.V.T فان النتائج المباشرة هي : الضغط ، درجة الحرارة ، القراءة على المضخة الحجمية التي تتناسب طردا مع تغير الحجم في الطور الواحد أو الطوريين في خلية آلة P.V.T . لمعروفة التغير الحقيقي لحجم كتلة العينة الثابتة في الخلية ، يجب حساب القيم التصحيحية المخبرية للحجوم مثلا : التغير الحقيقي لحجم (V) عند درجة الحرارة (t) لدى انخفاض الضغط من (P_1) الى (P_2) يساوي

$$\Delta V = \Delta V_{Hg} - SC = (\Delta OP.FT) - (CHS + CHG + C) \quad (1-3)$$

حيث أن :

ΔOR - الفرق في القراءة على المضخة للستغير الذي حدث بسبب

تغير الضغط من P_1 الى P_2 .

ΔV_{Hg} - التغير المكافئ لحجم الزئبق .

SC - مجموعة التصحيحات الحجمية .

الحجم الكلي الحقيقي للعينة عند الحالات الفردية $T - V - P$ يساوي

الحجم البدائي المعروف للعينة (V_0) ، بحيث يوحّد تغيير الحجم بالعلاقة مع درجة الحرارة بواسطة العلاقات المعروفة للتغيرات الزئبق الحجمية والحرارية في الخلية والتغيرات التي تحدث على الخلية (نتائج المعايرة) .

يعاد هذا الحساب لكل قياس V_t - P) موضح في الجدول رقم (13) والذي يبين نتائج حسابات علاقة P_t للفاز الطبيعي عند درجة حرارة المخبر . توضح النتائج النهائية لهذه الحسابات للمعطيات المخبرية وهي $(V_t - V_0) / V_0$ التي يتم بواسطتها حساب الأحجام النسبية النهائية في جداول ومنحنيات بيانية .

١ - نتائج قياس التمدد الحراري للنفط المشبع يكون لها علاقة خطية

$$F_t = V_t / V_{15,5} \text{ } ^\circ\text{C}$$

حيث أن :

V_t - حجم النفط المشبع عند درجات حرارة مختلفة .

$V_{15,5}$ - حجم النفط المشبع عند درجة حرارة المخبر ($15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$) .

انظر الشكل (A - 21) يمكننا من هذه المعطيات وبسهولة حساب عامل التمدد الحراري للنفط المشبع بالعلاقة التالية :

$$B_p = \left(\frac{1}{V_0} \right) \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right) \left(\frac{1}{C^0} \right) \quad (2-3)$$

٢ - توضح النتائج المخبرية لقياس ($V_t - V_0$) بمنحنيات (p)

P bar	OP	ΔOP	ΔV_{Hg} (ml)	CHS (ml)	CCV (ml)	CHG (ml)	SC (ml)	ΔV (ml)	V bar	P bar	$P \times V$	Z
300.0	462.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.79	301.0	10170.79	0.920
272.5	460.92	2.00	2.00	0.24	0.10	0.13	0.47	1.53	35.32	273.5	9660.02	0.873
241.0	457.92	5.00	5.00	0.51	0.21	0.27	0.99	4.01	37.80	242.0	9147.60	0.827
206.0	452.92	10.00	10.01	0.82	0.54	0.43	1.59	8.42	42.21	207.0	8737.47	0.790
174.0	445.92	17.00	17.01	1.10	0.54	0.57	2.12	14.89	48.68	175.0	8519.00	0.770
146.0	435.92	27.00	27.01	1.35	0.55	0.70	2.60	24.42	58.21	147.0	8557.10	0.774
119.5	420.92	42.00	42.03	1.57	0.63	0.82	3.03	39.00	72.79	120.5	8771.20	0.793
98.0	400.92	62.00	62.05	1.81	0.72	0.84	3.37	58.68	92.47	99.0	9154.53	0.829

جدول رقم (13) : يوضح نتائج حسابات علاقه P.V للغاز الطبيعي عند درجة حرارة المخبر
 علماً أن :
 درجة حرارة الغرفة $t = 22^{\circ}C$
 عامل المضخة $FT = 1.0008$
 $t_1 = 22^{\circ}C$ درجة حرارة الخلية

حيث أن :

$$\beta_t = \frac{V_{pi}}{V_{pb}} \cdot \frac{t_{SL}}{t_{pb}}$$

حيث (يدخل النفط والغاز معا) . ان تحديد علاقة $P.V.T$ عند درجات حرارة مختلفة بمنحنى β_t الايزوتيرمية (عند درجات حرارة ثابتة) . انظر الشكل (21 - β) التي يمكننا بواسطتها الوصول الى علاقة $(t) = F(p_b)$ من الجزء الخطي لمنحنى V و β_L بالعلاقة مع الضغط يمكننا وبسهولة حساب عامل انضغاط النفط فوق المشبّع

$$(p_c > p_b) \text{ بالعلاقة التالية :}$$

$$\beta_t = - \left(\frac{i}{V} \right) \left(\frac{\Delta V}{\Delta P} \right) \left(\frac{1}{at} \right) \quad (3-3)$$

٣ - يحدد نقصان الحجم البدائي للنفط النتائج من خروج الغاز لدى عملية الفصل التماسي أو التفاضلي وأيضا نتيجة انخفاض درجة الحرارة .

ان التغيرات الحجمية للطور الغازي تعبّر عادة بعوامل الحجم ، β : عامل الحجم ويساوي نسبة حجم النفط عند شروط $P-t$ مختلفة الى حجم النفط السطحية عند $(1 at)$ ويعبر عنه بالعلاقة التالية :

$$\beta_0' = \frac{V_{pi}}{V_R} , \frac{t_i}{t_{SL}} , \quad (4-3)$$

حيث أن :

β_0' - عامل حجم النفط وهو أكبر من الواحد الذي يختلف عن β_{0f} (تفاضلي) β_{0d} (تماسي) .

أما عامل حجم الغاز فيعطي بالعلاقة التالية :

$$\beta_g = (V_{pi} , \frac{t_{SL}}{V_R}) = (Z \cdot T_{SL}) / (P_i , T_0) \quad (5-2)$$

حيث أن :

$$+ \frac{1}{\beta_g} = T_0 = 288,8 \text{ K}^0 \text{ ويفضل عمليا استخدام}$$

ان V_{pi} عند t_{SL} هي أحجام الغاز المقاومة خلال الفصل التفاضلي

والمحسوبة عند الشروط الطبيعية اعتمادا على عامل انضغاط الغاز Z .

يعتبر عامل الغاز (R) النسبة بين حجم الغاز وحجم النقط ، أما عامل الغاز الكلي (R_t) فله علاقة بالحجم الكلي للغاز المنفصل لدى تغير الضغط من ضغط الاشباع P_b الى الضغط الجوي (1 at) ويعطي بالعلاقة التالية :

$$R_t = V_g / V_R \quad (6-3)$$

أما عامل اتحلال الغاز R_s فيعطي بالعلاقة التالية :

$$R_s = R_t - R_i \quad (7-3)$$

حيث أن :

- عامل الغاز عند $P = P_b - P_i$ عندما تكون R_i

، أما عند الشروط السطحية $R_s = R_t$ فان $P = P_b$

+ $R_s = 0$ فان

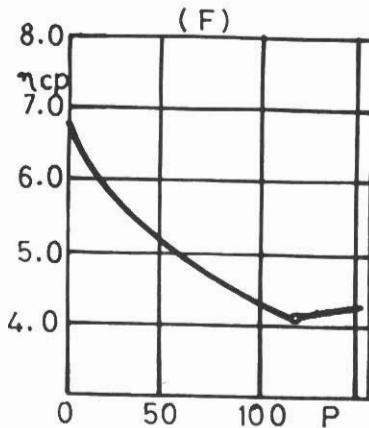
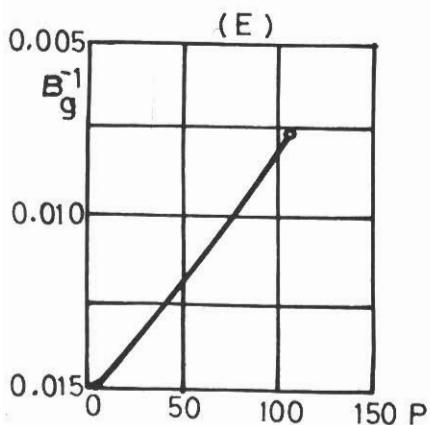
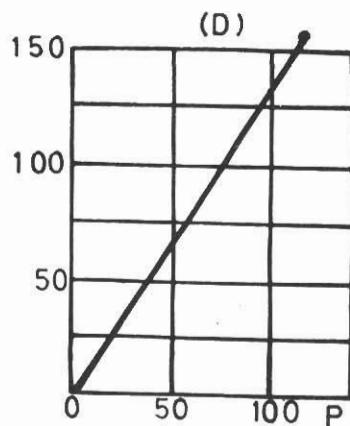
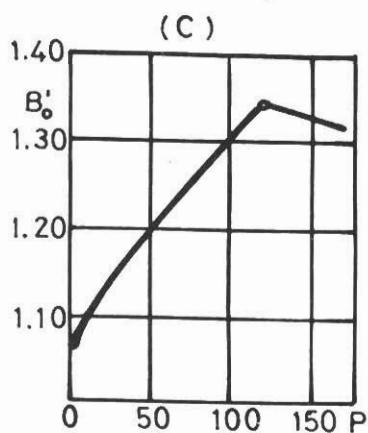
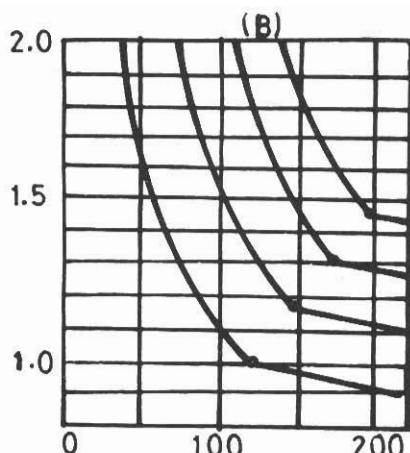
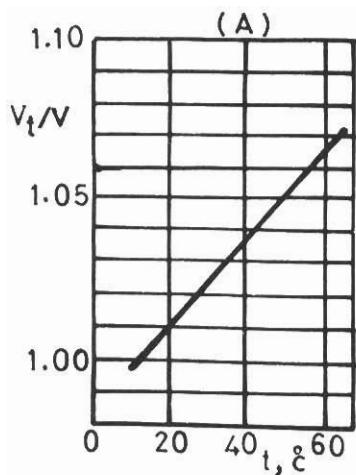
تم حساب كل قيم الغاز عند الضغط الجوي ودرجة الحرارة 0°C

تعطى نتائج الفصل التفاضلي بمنحنى موضحة بالشكل رقم

$$\cdot (21 - C - D - E)$$

أما نتائج قياسات لزوجة السائل الطبقي فتعطى بالمنحنى

$$\cdot (21 - F) = F(P) \text{ الموضحة بالشكل } \cdot$$



شكل رقم (21)

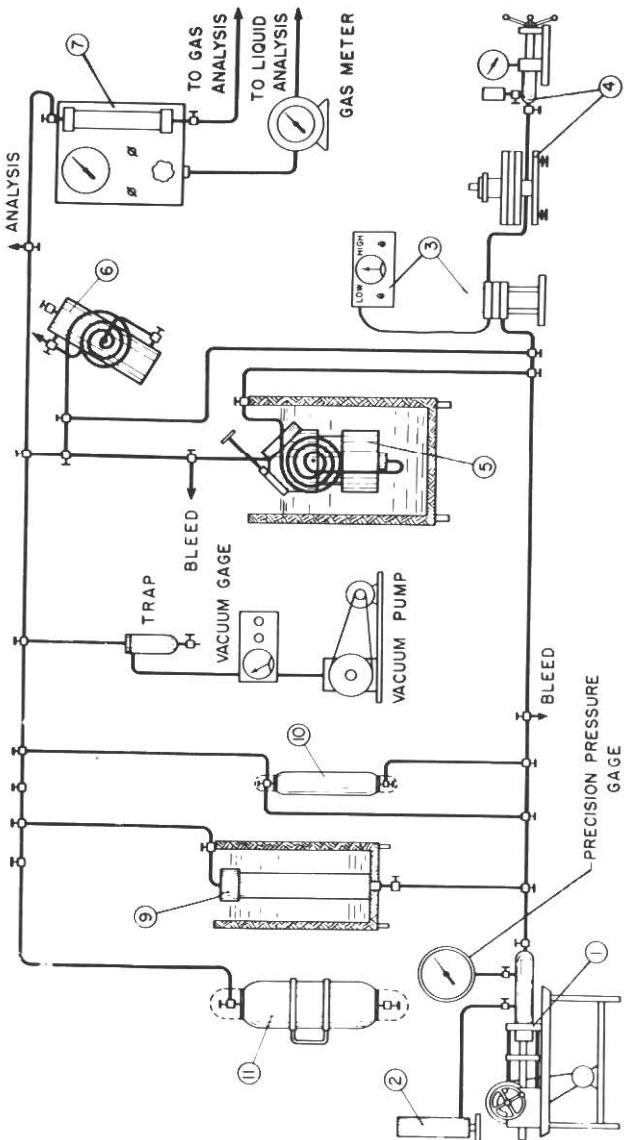
٢ - التحليل التماسى (تمثيل الفصل التماسى) :

يفهم من الفصل التماسى : تخفيف الضغط على مراحل حتى الوصول إلى الضغط الجوى دون سحب الغاز خلال المراحل ، ويتم سحبه بعد الوصول إلى الضغط الجوى .

الشكل رقم (٢٢) يوضح الجهاز المخبرى مع كافة توصياته الازمة .

الجهاز المخبرى P.V.T لدراسة العينات الطبقية بالتحاليل التماسية والتفاضلية :

- ١ - مضخة حجمية .
- ٢ - خلية ad T P.V وحوض التسخين .
- ٣ - جهاز قياس الزوجة .
- ٤ - فاصل .
- ٥ - جهاز معايرة مقاييس الضغوط .
- ٦ - خلية لتركيب العينة الطبقية .
- ٧ - اسطوانة العينات الغازية .
- ٨ - اسطوانة العينات النفطية .



شكل رقم (٢٢) : الجهاز المخبري للدراسة العينات الطبقية بالتحاليل التماضية والتفاضلية .

تم العملية القياسية وفق الخطوات التالية :

- آ - تملأ خلية P.V.T بالعينة النفطية المشبعة بالغاز .
- ب - تسخين خلية P.V.T الى درجة حرارة الطبقة على مراحل (مثلاً اذا كانت $T = 100^{\circ}\text{C}$ تسخن الخلية الى 400°C ثم 600°C و 800°C وفي النهاية الى 100°C)

بعد الوصول الى التوازن الحراري (عندما يثبت الضغط ويتساوى

الضغط المرجع اليه P_{ref}) تسجل درجة الحرارة والحجم المقروء على المضخة .

ج - يخفض الضغط على مراحل عند درجة الحرارة الطبقية وذلك بتكبير الحجم الحر في خلية P.V.T . بعد كل تخفيض للضغط P يجب تحقيق التوازن لنظام الغاز والنفط وذلك بهز الخلية (ثبات الضغط يؤكد الوصول الى حالة التوازن) عندئذ يقرأ الضغط على مقاييسه والحجم على المضخة .

تعاد العملية حتى انتهاء مجال المضخة أو الخلية، عندئذ تكون حالة التوازن بطيئة عند المجال ثنائي الطور وخاصة للنفط ذو الكثافة العالية .

د - لدى القيام بعملية الفصل التماسي ، يتم وصل خلية P.V.T مع الفاصل المخبري (يمكن مراقبة درجة الحرارة والضغط أثناء عملية الفصل في الفاصل) ومن ثم ينقل النفط عند تخفيض منظم للضغط.

الضغط النهائي للفصل هو الضغط الجوي ، ولكن يمكن أن يكون أكبر

اذا مثلنا شروط الفاصل الحقيقي .

الشكل رقم (٢٣) يوضح المراحل المذكورة أعلاه .

عند الفصل التماسي يقاس حجم الغاز المفصول ومن ثم حجم النفط

الميت .

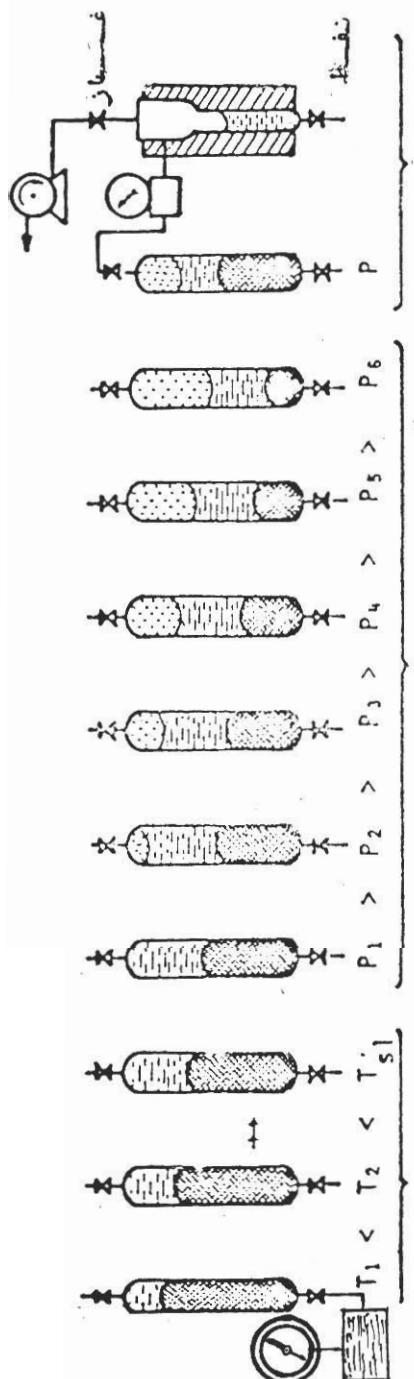
يقاس حجم النفط الميت الخفيف بدقة متناهية ، وذلك بواسطة أنبوبة مدرجة ، أما النفط الثقيل فلا يشترط في قياسه الدقة بسبب فقدان كمية ليست بقليله على حدران الأنبوبة لذلك يفضل في مثل هذه الأحوال القيام بالعملية في خلية الـ P.V.T (التمدد المنتظم) ؛ بعد الانتهاء من عملية الفصل نعين علاقة الـ P.V.T أو بالأحرى قابلية انضغاط النفط الميت وحيد الطور عند درجات حرارة مختلفة .

من معطيات $\frac{P}{T}$ يمكننا وبطريقة الاستمداد تحديد حجم النفط الميت . يحدد فيما بعد وبواسطة تحاليل خاصة تركيب الغاز وكثافة ولزوجة النفط الميت .

ان الخطوات المذكورة أعلاه لتحديد علاقة $(P - V - T)$ لا تقتصر على النظام النفطي - الغازي - فقط وإنما يمكننا وبطريقة دقيقة تحديد منحنيات $P - Z$ وذلك بقيام علاقة $V - P$ للفغازات . وبينفس الطريقة تحدد الصفات P, V, T للمياه الطبقية .

يوضح مراحل الفصل التباضعي .

شكل رقم (٢٣)



٢ - الطريقة الحسابية لنتائج القياس :

١ - حساب عامل التمدد الحراري للنفط المشع :

تؤخذ القيم القياسية لحساب عامل التمدد الحراري في خلية

الـ P.V.T على النحو التالي :

١ - نحقن زئبقا في الخلية حتى الضغط (340 at) ونأخذ القراءة على

المضخة OP_1 وذلك عند درجة حرارة المخبر .

٢ - نرفع درجة حرارة الخلية حتى الدرجة $^0C 30$ فينتج عن ذلك

ارتفاع في قيمة الضغط عن القيمة at 340 فنرجعه الى القيمة

الأولية (340 at) وعند التوازن في الحرارة والضغط نأخذ

القراءة على المضخة OP_2 .

٣ - نرفع درجة حرارة الخلية حتى الدرجة ($^0C 50$) ونكرر نفس

العملية السابقة وكذلك الحال عند درجات الحرارة $^0C 70$ و $^0C 90$

و $^0C 112,2$ وتعيين قيم القراءات على المضخة مقابل كل درجة

حرارة ثم توضع النتائج في جدول خاص رقم (14) .

آ - حساب حجم الخلية الـ P.V.T (V_C) :

يتم حساب حجم الخلية من القانون التالي :

$$V_C' = C_1 + C_2 t + (C_3 + C_4 t)P \quad (8-3)$$

حيث أن :

C_1 - حجم الخلية يساوي $ml 656,523$

C_2 - تغير حجم الخلية كتابع لدرجة الحرارة ويساوي :

$$2,15 \times 10^{-2}$$

C_3 - تغير حجم الخلية كتابع للضغط ويساوي : $0,95 \times 10^{-4}$

C_4 - تغير حجم الخلية كتابع للضغط والحرارة ويساوي :

$$1,7 \times 10^{-7}$$

مثال : يحسب حجم الخلية عند درجة الحرارة $0^{\circ}C$ على الشكل

التالي :

$$V_C' = 656,523 + 2,15 \times 10^{-2} \times 22 + (0,95 \times 10^{-4} + 1,7 \times 10^{-7} \times 22) \times 340$$

$$V_C' = 567,029 \text{ cm}^3$$

وبنفس الطريقة يتم حساب حجم الخلية عند درجات الحرارة $0^{\circ}C$ و $30^{\circ}C$ و $50^{\circ}C$.

ب - حساب ΔOP . FT

تؤخذ قيمة ΔOP بطرح قيمة القراءات على المضخة من القيمة

الأولى والتي تساوي :

أما قيمة FT (عامل المضخة كتابع للتمدد الحراري للخلية) فتحسب من القانون التالي :

$$FT = F (1 + C_{Hg} \times \Delta T)$$

حيث أن :

$$F = 1,000498 \quad C_{Hg} = 0,18 \times 10^{-3}$$

بعد ذلك نحصل على قيمة ΔOP . FT

مثال : نحسب القيمة الثانية كالتالي :

$$\Delta OP_2 \cdot FT_2 = 1,000498 (1 + 0,183 \times 10^{-3} \times 8) \times 1,480 = 1,482$$

وبنفس الطريقة تحسب بقية القيم .

ج - حساب حجم الزئبق :

يتم حساب حجم الزئبق بالمعادلات التالية :

$$V_{Hg_1} = V_c - V_0 \quad (9-3)$$

حيث أن :

V_0 - كمية النفط التي أدخلت الى الخلية وتساوي نفس القراءة

على المضخة وذلك لأن قيمة $\Delta OP \cdot FT$ للقيمة الأولى تساوي

$$\text{الصفر } (V_0 = 95,810)$$

$$V_{Hg_2} = V_{Hg_1} + (C_q \times \Delta t \times V_{Hg_1}) - \Delta OP \cdot FT \quad (10-3)$$

حيث أن :

C_q - التمدد الحراري للزئبق ويساوي $0,183 \times 10^{-3}$

Δt - فرق الحرارة بين المخبر والخلية .

مثال : تحسب القيمة الثالثة على الشكل التالي :

$$V_{Hg_3} = 560,713 + (0,183 \times 10^{-3} \times 28 \times 560,713) - 3,932 = 559,654 \text{ cm}^3$$

وبنفس الطريقة تحسب بقية القيم .

د - حساب حجم النفط :

يتم حسابه بالمعادلة التالية :

$$V_0 = V_C - V_{Hg}$$

مثال : تحسب القيمة الأولى كالتالي :

$$V_{01} = 657,29 - 560,713 = 96,316 \text{ cm}^3$$

وبنفس الطريقة تحسب بقية القيم .

ه - حساب الحجم النسبي :

يتم حساب الحجم النسبي للنفط المشبع ، وذلك بقسمة كل من قيم حجم النفط على القيمة الأولى له .

مثال : تحسب القيمة الأولى والثالثة على الشكل التالي :

$$V_{reL1} = \frac{95,812}{95,812} = 1,000$$

$$V_{reL3} = \frac{97,979}{95,812} = 1,023$$

وبنفس الطريقة تحسب بقية القيم .

بعد ذلك نرتب النتائج في الجدول رقم (15) .

١ - ٢ - ١ - اجراء قياسات ال P.V - Run عند درجة حرارة الطبقة (P.V - Run)

١ - يتم اجراء قياس ال P.V عند ضغوط مختلفة ، وتسجل الحجوم المقابلة لهذه الضغوط عند درجة حرارة الطبقة ($t = 112,2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

وقد كانت درجة حرارة المخبر 23°

وتم وضع النتائج في جدول خاص رقم (16)

٢ - بعد ذلك يتمأخذ الفرق للقراءات على المضخة مابين كل قيمة والقيمة الأولى (ΔOP)

٣ - تضرب كل قيمة من قيم فرق القراءات بعامل المضخة كتابع للحرارة (FT) عند درجة حرارة الطبقة حيث تعتبر Δt في هذه الحالة ($FT = 89,2^{\circ}C - 23^{\circ}C = 112,2$) وبذلك فإن قيمة (FT) تساوي

$$\cdot 1,01683$$

٤ - يتم حساب تغير الحجم الكلي الناتج عن تغير الضغط (ΔV) وذلك بجمع قيم $\Delta OP \cdot FT$

مثال : القيمة الثالثة V_3 تساوي :

$$\Delta V_3 = 0,00 + 0,712 + 0,752 = 1,462$$

٥ - يتم حساب انضغاطية النظام الهيدروليكي " CH_S " من المعادلة التالية :

$$CH_S = \left(\frac{\Delta V_{HS}}{340} \right) (P_{ref} - P_i) \quad (11-3)$$

٦ - تحسب قيمة انضغاطية الخلية من المعادلة التالية :

$$C_C = \frac{\Delta V_t}{340} (P_{ref} - P_i) = 1,122 \times 10^{-4} (P_{ref} - P_i) \quad (12-3)$$

٧ - يحسب حجم الخلية " V_C " بنفس الطريقة التي حسبت سابقاً (معادلة ٨-٣) ولكن مع بقاء درجة الحرارة ثابتة ($t = 112,2^{\circ}C$)

واختلاف قيم الضغط .

٨ - يحسب حجم الزئبق V_{Hg} من المعادلة التالية :

$$V_{Hg} = V_C - (V_0 + \Delta V) \quad (13-2)$$

() حيث تؤخذ قيمة V_0 من الجدول رقم (15) وتساوي (104,707 mL)

٩ - تحسب انضغاطية الزئبق " C_{Hg} " من المعادلة التالية :

$$C_{Hg} = V_{Hg} \times C_{10} (P_{ref} - P_i) \quad (14-2)$$

حيث أن : $C_{10} = 2,72 \times 10^{-7}$

١٠ - يُؤخذ مجموع قيم انضغاطية الزئبق وانضغاطية الخلية بالإضافة إلى انضغاطية النظام الهيدروليكي $(C_{HS} + C_C + C_{Hg})$ وتوضع في عمود خاص من الجدول .

١١ - تحسب القيمة التصحيحية للحجم " C_V " وذلك بطرح قيم البند السابق (10) من قيم ΔV

١٢ - نحصل على الحجم النهائي للنفط " V_n " وذلك بجمع كل قيمة من القيم التصحيحية " C_V " إلى الحجم البدائي للنفط المأخوذ عند درجة حرارة الطبقة ويساوي 104,707 mL .

ثم ترتيب جميع النتائج المحصل عليها في الجدول رقم (17) .

٢ - ١ - ٣ - حسابات النفط الميت :

أجريت القياسات على النفط الميت ، بنفس الطرق السابقة التي أجريت على النفط المشبع ، تم توضيح النتائج في الجداول ذات الأرقام " 18 و 19 و 20 و 21 - a و 21 - b و 21 - c و 21 - d و 21 - E " .

٢ - ٤ - نتائج القياس:

الجدول رقم (14) يوضح نتائج القياسات لعامل التمدد الحراري للنفط المشبع .

أما الجدول رقم (15) فيوضح نتائج الحسابات لعامل التمدد الحراري للنفط المشبع .

الجدول رقم (14) : يوضح نتائج المقاييس لعامل التمدد الحراري للنفط المشبع

P at	0.P	درجة حرارة الغرفة t_c^o	درجة حرارة الخبالة t_r^o
340	126.870	22	22
340	125.390	30	22
340	122.960	50	22
340	118.490	70	22
340	114.960	90	22
340	110.990	112.2	22

O.P mL	$\Delta O.P.FT$	V_o mL	V_{Hg} mL	V_o mL	t_r C°	V_{rel}
126.870	0.000	657.029	560.713	96.316	22	1.000
125.390	1.482	657.632	560.052	97.580	30	1.013
122.960	3.932	657.633	559.654	97.979	50	1.017
118.490	8.457	658.064	557.181	100.888	70	1.047
114.960	12.064	658.496	555.627	102.869	90	1.068
110.990	16.150	658.972	553.818	105.154	112.2	1.092

(15) المجدول رقم

الجدول رقم (16) يوضح نتائج قياسات الـ P.V عند درجة حرارة

الطبقة (PV - Run)

P at	O.P mL	t C°
340	110.990	22
306	110.290	22
272	109.550	23
238	108.780	23
204	107.950	23
184	107.450	23
176	107.300	23
172	107.240	23
170	106.740	23
167	106.200	23
165	105.670	23
162	104.770	23
157	103.510	23

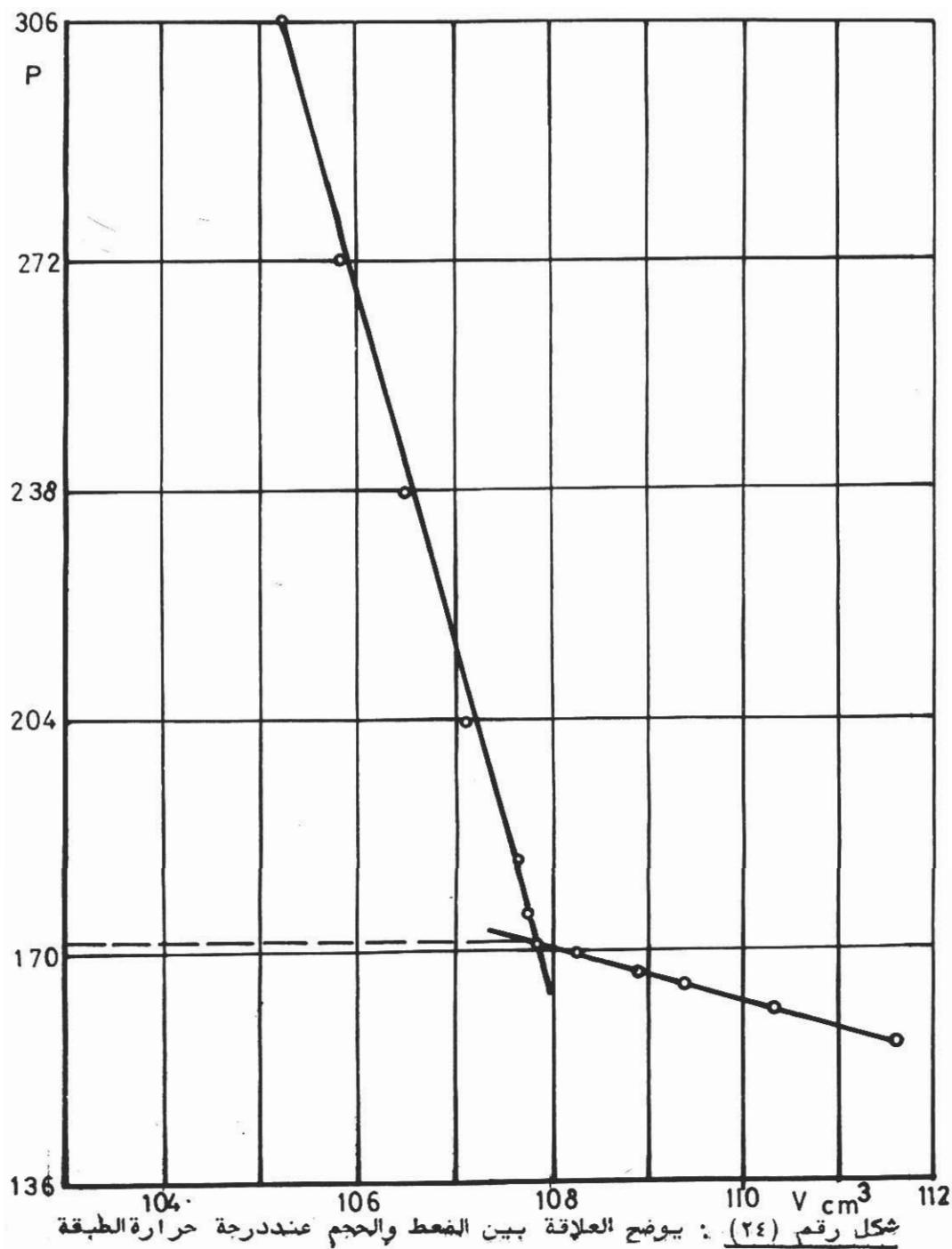
جدول رقم (16)

الجدول رقم (17) يوضح نتائج حسابات الـ PV - Run (Run) عند درجة

حرارة الطبقة .

(P - V RUN) : يوضح نتائج حسابات الـ حدول رقم 17

P at	0.P mL	$\Delta 0P$ mL	$\Delta 0P$ XFT	CH S	C_C'	V_C'	V_{Hg}	C_{Hg}	ΣC_{hs+} $C'_C + C_{Hg}$	C_V	V_n	ΔV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
340	110.990	0.000	0.000	0.000	0.000	959.5057	554.7987	0.000	0.000	0.000	104.707	0.000
306	110.290	0.700	0.712	0.000	0.056	659.4486	554.0296	0.075	0.131	0.581	105.288	0.712
272	109.550	0.740	0.752	0.000	0.112	659.3916	553.2206	0.151	0.263	1.201	105.908	1.464
238	108.780	0.770	0.783	0.000	0.168	659.3345	552.3805	0.225	0.393	1.854	106.561	2.247
204	107.950	0.830	0.844	0.000	0.224	659.2775	551.4795	0.300	0.524	2.567	107.274	3.091
184	107.450	0.500	0.508	0.000	0.256	659.2432	550.9372	0.345	0.601	2.998	107.705	3.599
176	107.300	0.150	0.153	0.000	0.271	659.2296	550.7706	0.363	0.634	3.118	107.825	3.752
172	107.240	0.060	0.061	0.000	0.277	659.2239	550.7039	0.370	0.647	3.166	107.873	3.813
170	106.740	0.500	0.503	0.000	0.280	659.2205	550.1925	0.374	0.654	3.667	108.374	4.321
167	106.200	0.540	0.549	0.000	0.284	659.2159	549.6389	0.380	0.664	4.206	108.913	4.370
165	105.670	0.530	0.539	0.000	0.288	659.2125	549.0965	0.384	0.672	4.737	109.444	5.409
162	104.770	0.900	0.915	0.000	0.293	659.2063	548.1758	0.391	0.684	5.640	110.347	6.324
157	103.510	1.260	1.281	0.000	0.301	659.1988	546.8868	0.400	0.701	6.904	111.611	7.605



شكل رقم (٢٤) : يوضح العلاقة بين المفعط والحجم عند درجة حرارة الطبقة

الجدول رقم (18) يوضح نتائج قياسات عامل التمدد الحراري

للنفط الميت .

P at	0 . P mL	tr C°
340	143.130	30
340	140.420	50
340	137.735	70
340	134.855	90
340	131.700	112.2

جدول رقم (18)

الجدول رقم (19) يوضح نتائج حسابات عامل التمدد الحراري للنفط

الميت .

$0.P$	$\Delta P.FT$	V_c	V_{Hg}	V_o	t_r	V_{rel}
143.180	0.000	657.668	579.026	78.642	30	1.000
140.420	2.771	658.115	581.591	79.292	50	1.0082
137.735	5.487	658.562	584.165	79.884	70	1.0158
134.855	8.420	659.009	586.739	80.690	90	1.0260
131.700	11.658	659.505	589.601	81.562	112.2	1.0371

م دو ل ر ق (۱۹)

الجدول رقم (20) يوضح ترتيب قياسات الـ PV - RUN للنفط المبيت .

P at	0.P $t_r = 300^\circ$	0.P $t_r = 500^\circ$	0.P $t_r = 700^\circ$	0.P $t_r = 900^\circ$	0.P $t_r = 112.20^\circ$
340	143.180	140.420	137.735	134.855	131.700
272	142.570	139.750	137.000	134.105	130.880
204	141.920	139.040	136.250	133.305	129.990
170	141.580	138.675	135.870	132.880	129.525
136	141.260	138.320	135.465	132.450	129.050
102	140.930	137.960	135.060	132.000	128.565
68	140.560	137.575	134.650	131.550	128.070
34	140.215	137.190	134.210	131.070	127.530

جدول رقم (٢٠)

الجداول ذات الأرقام 21 - a - b - c - D - E توضح نتائج

حسابات الـ PV - RUN للنفط الميت عند درجات الحرارة ${}^{\circ}\text{C}$ 30 و ${}^{\circ}\text{C}$ 50 و ${}^{\circ}\text{C}$ 70 و ${}^{\circ}\text{C}$ 90 و ${}^{\circ}\text{C}$ 112,2 .

$t = 30^{\circ}C$

$21 - \alpha \rightarrow$

P	0.P	$\Delta 0.P$	C_{HS}	C_c	V_c	V_{Hg}	C_{Hg}	$\Sigma C_{HS} + C'_c$ + C_{Hg}	C_v	V_n
340	143.180	0.000	0.000	0.000	657.668	579.026	0.000	0.000	0.000	78.642
272	142.570	0.610	0.000	0.112	657.568	578.315	0.157	0.269	0.341	78.983
204	141.920	1.262	0.000	0.224	657.468	577.564	0.314	0.538	0.723	79.365
170	141.580	1.602	0.000	0.280	657.418	577.173	0.392	0.672	0.929	79.571
136	141.260	1.923	0.000	0.336	657.368	576.803	0.470	0.807	1.115	79.757
102	140.930	2.253	0.000	0.392	657.422	576.422	0.941	0.941	1.312	79.954
68	140.560	2.624	0.000	0.448	657.268	576.001	0.626	1.075	1.548	80.190
34	140.215	2.969	0.000	0.504	657.218	575.606	0.704	1.209	1.760	50.402

$t = 50^{\circ}C$

دوك رقم 21 - b

P	0.P	$\Delta 0P$	C_{HS}	C_c'	$V_{c'}$	V_{Hg}	C_{Hg}	$\frac{C_{HS} + C_{c'}}{C_{Hg}}$	V_c	V_n
340	140.420	0.000	0.000	0.000	658.115	578.823	0.000	0.000	0.000	79.292
272	139.570	0.854	0.000	0.112	658.012	577.865	0.157	0.269	0.585	79.877
204	139.040	1.387	0.000	0.224	657.908	577.229	0.314	0.538	0.848	80.140
170	138.675	1.754	0.000	0.280	657.856	576.810	0.392	0.672	1.081	80.373
136	138.320	2.111	0.000	0.336	657.401	576.401	0.470	0.806	1.304	80.596
102	137.960	2.472	0.000	0.392	657.753	575.988	0.548	0.941	1.531	80.823
68	137.575	2.859	0.000	0.448	657.701	575.549	0.626	1.074	1.784	81.076
34	137.190	3.246	0.000	0.504	657.649	575.110	0.703	1.208	2.038	81.330

$t = 70^{\circ}C$

21 - C دوں رقم

P	0.P	Δ 0P	C_{HS}	C_C'	$C_V C'$	V_{Hg}	C_{Hg}	$\frac{\Sigma C_{HS} + C_C'}{C_{Hg}}$	C_V	V_n
340	137.735	0.000	0.000	0.000	658.562	578.678	0.000	0.000	0.000	79.884
272	137.000	0.741	0.000	0.112	658.455	577.830	0.157	0.269	0.472	80.356
204	136.250	1.498	0.000	0.224	658.348	576.966	0.313	0.538	0.959	80.843
170	135.870	1.881	0.000	0.280	658.295	576.529	0.392	0.672	1.209	81.093
136	135.465	2.290	0.000	0.336	658.241	576.067	0.470	0.806	1.483	81.367
102	135.060	2.698	0.000	0.392	658.188	575.605	0.547	0.940	1.758	81.642
68	134.650	3.112	0.000	0.448	658.134	575.138	0.625	1.074	2.037	81.921
334	134.210	3.556	0.000	0.504	658.081	574.641	0.703	1.208	2.348	82.232

$t = C^0$

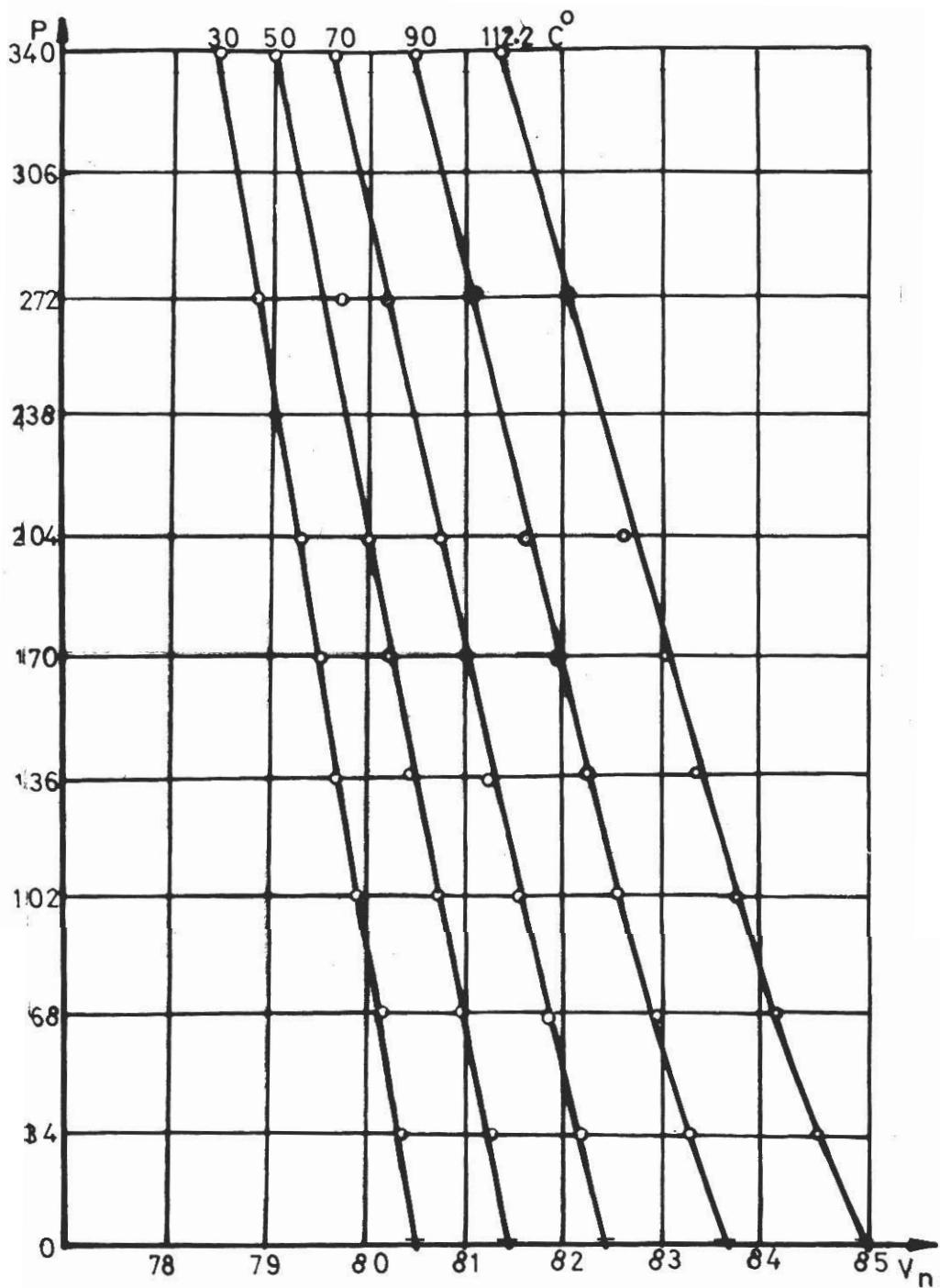
جدول رقم 21 - d

P_-	$0.P$	$\Delta 0P$	C_{HS}	$C_{C'}$	V_C	V_{Hg}	C_{Hg}	$\Sigma C_{HS} + C_{C'}$ + C_{Hg}	C_V	V_H
340	134.855	0.000	0.000	0.000	659.009	578.319	0.000	0.000	0.000	80.690
272	134.105	0.759	0.000	0.112	658.899	577.449	0.157	0.269	0.490	81.180
204	133.305	1.569	0.000	0.224	658.788	576.529	0.313	0.538	1.031	81.721
170	132.880	1.999	0.000	0.280	658.733	576.034	0.391	0.672	1.327	82.017
136	132.450	2.435	0.000	0.336	658.678	575.553	0.469	0.806	1.629	82.319
102	132.000	2.890	0.000	0.392	658.623	575.042	0.547	0.940	1.950	82.640
68	131.550	3.346	0.000	0.448	658.568	574.531	0.625	1.073	2.272	82.952
34	131.070	3.832	0.000	0.504	658.513	573.990	0.702	1.207	2.625	83.315

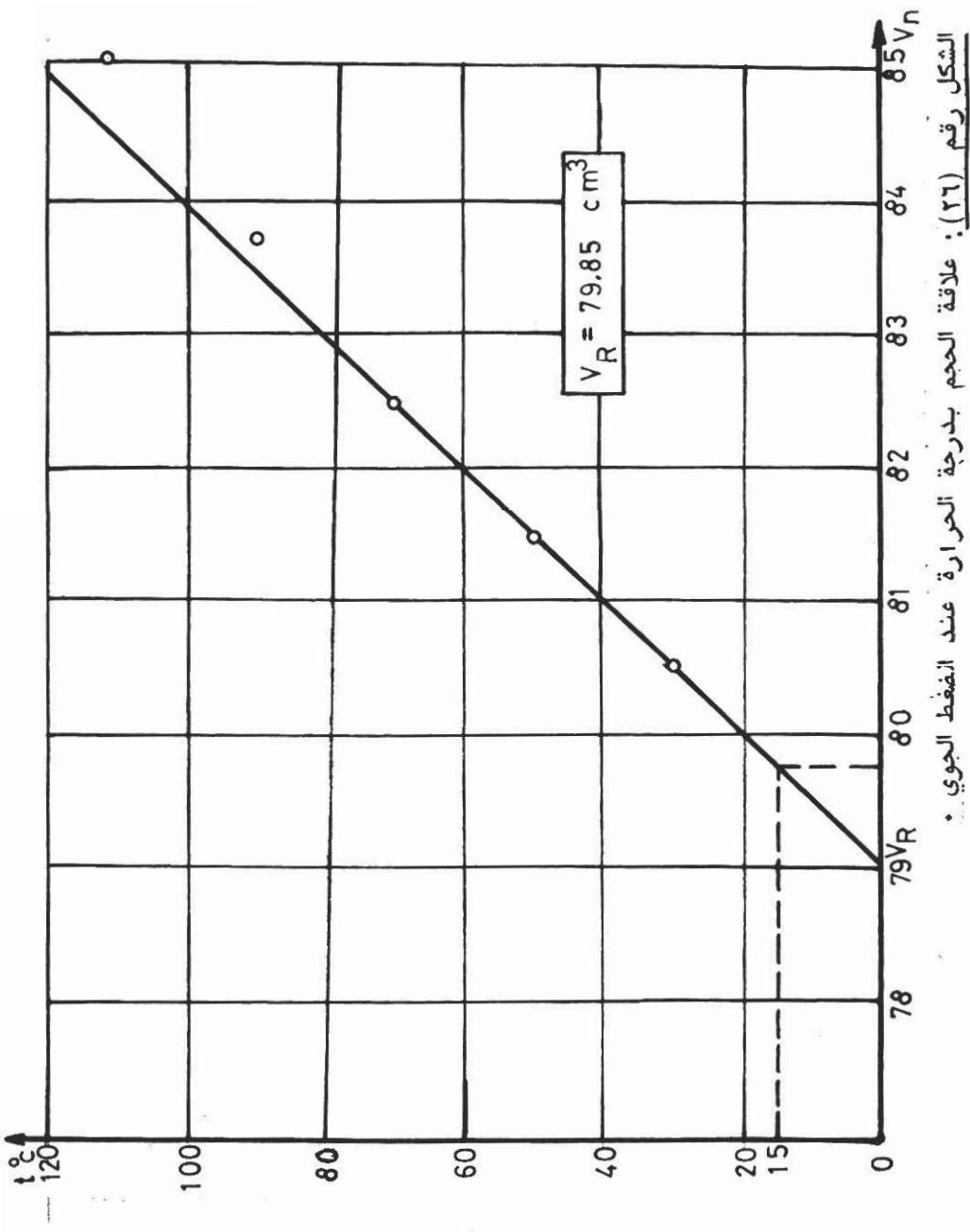
$t = 112^{\circ}\text{C}$

جدول رقم 21 - e

P	O.P	Δ O.P	c_{HS}	c_{δ}	V_{δ}	V_{HG}	c_{HG}	$\frac{\sum c_{HS} + c_{\delta}}{c_{HG}}$	c_V	$-V_n$
340	131.700	0.000	0.000	0.000	669.505	577.943	0.000	0.000	0.000	81.562
272	130.880	0.833	0.000	0.112	659.391	576.995	0.156	0.269	0.564	82.126
204	129.990	1.738	0.000	0.224	659.277	575.977	0.313	0.357	1.200	82.762
170	129.525	2.211	0.000	0.280	659.220	575.447	0.391	0.671	1.539	83.101
136	129.050	2.694	0.000	0.336	659.163	574.907	0.469	0.805	1.888	83.450
102	128.565	3.187	0.000	0.392	659.106	574.357	0.546	0.939	2.247	83.809
68	128.070	3.690	0.000	0.448	659.049	573.796	0.624	1.073	2.617	84.179
34	127.530	4.239	0.000	0.504	658.992	573.190	0.701	1.206	3.032	84.594



شكل رقم. (٢٥) : علاقه الضغط بالحجم للنفط الميت عند درجات مختلفة لدرجة الحرارة



الشكل رقم (٢٦) : علاقه الحجم بدرجة الحرارة عند الضغط الجوي .

٣ - التحليل التفاضلي " تمثيل الفصل التفاضلي " :

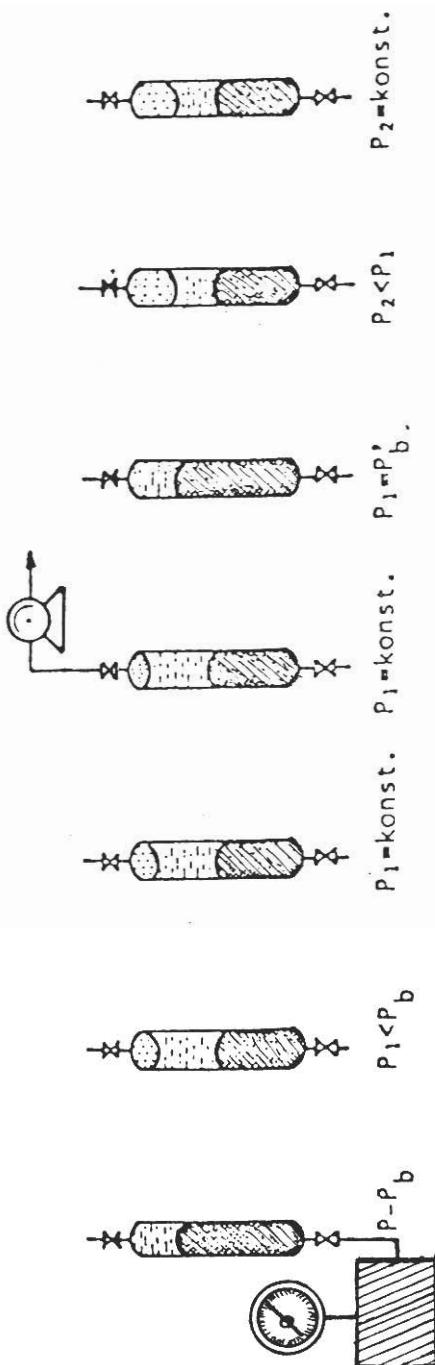
تتم هذه العملية " بتحديد علاقة $T - V - P$ " بشكل مشابه للتحليل التماسى وتعتبر هذه العملية تحقيق لعملية التحليل التماسى .

ت تكون عملية الفصل التفاضلي عند ($T = T_L = \text{Const}$) من الخطوات التالية :

- ١ - تحقيق حالة التوازن عند ضغط الاشباع " يقاس الضغط والحجم " .
- ٢ - تحفيض الضغط عند ضغط الاشباع ($P_b < P_1$) يؤدي الى تشكيل قبعة غازية .
- ٣ - تحقيق حالة التوازن عند الضغط $P_1 = \text{const}$ (الأمر الهام هنا تحقيق حالة التوازن الأكيدة) .
- ٤ - تفريغ الغاز الناتج عند ضغط ثابت . اذا فرغ الغاز بشكل جيد فان الضغط (P_1) سيكون مساوياً للضغط P_{b1} للنظام النفطي الغازي المتبقي ذو التركيب المتغير ويمكن الوصول - عادة الى التفريغ المثالى للغاز في خلايا الـ $T . V . P$ الحاوية على النافذة ، بينما يتوقف نجاح عملية الفصل في خلايا الـ $T . P . V$ العميم على نوعية صمامات الخلية ، وخبرة العاملين فيها . لذلك وفي أغلب الأحيان فان عملية تفريغ الغاز لا تتتابع حتى النهاية " أي تترك كمية قليلة من الغاز ، ويحدد $P_b < P_1$ من قياس علاقة PV للنفط المفصول عنه جزء من الغاز ويقاس الضغط في الخلية والحجم على المضخة ، وحجم الغاز المحرر والضغط البارومترى .

٥ - يخفض المضط في الخلية الى قيمة جديدة $P_1 < P_2$ وتعاد جميع الخطوات السابقة والتي يوضحها الشكل رقم (٢٧) .

شكل رقم (٢٧) : مراحل الفصل التفاضلي .



٣ - ١ - الطريقة الحسابية لنتائج القياس:

تتبع هنا نفس الطرق الحسابية التي اتبعت في حالة الفصل التماسي (فقرة ٣ - ١) للنفط المشبع والمبيت .

٣ - ١ - ١ - طريقة اجراء الحسابات لكل من حجم الغاز، عامل الغاز، درجة

التشبع المتبقية :

١ - الحجم النسبي للنفط : وهو النسبة بين حجم النفط عند الفغوط المختلفة الى حجمه عند ضغط الاشباع وتعبر عنه بالعلاقة :

$$R_{ov} = V_n / V_{p_b} \quad (15-3)$$

٢ - حجم الغاز الصحيح "المصحح" ويحسب من المعادلة التالية :

$$V_g = V_r - \frac{288}{273 + t_r} \cdot \frac{P}{760} \quad (16-3)$$

حيث أن : V_r - الحجم المقروء .

t_r - درجة حرارة المخبر .

P - الضغط البارومترى

٣ - الحجم الكلي المصحح للغاز : ويحسب بجمع قيم حجم الغاز المصحح المحسوب بالمعادلة السابقة (65)

٤ - عامل الغاز : وهو النسبة بين حجم الغاز الكلي المصحح الى حجمه في الشروط السطحية ويعطى بالعلاقة :

$$R_s = V_{ga} / V_R \quad (17-3)$$

٥ - عامل الغاز عند ضغط الاشباع : ويحسب من تقسيم قيم الحجم الكلي المصحح للغاز على حجم النفط عند درجة الاشباع ويعطى بالعلاقة التالية :

$$R_b = V_{ga} / V_b$$

٦ - درجة التشبع المتبقية عند الشروط السطحية (S_0) وتعطى بالعلاقة التالية :

$$S_0 = (V_{ga} - V_{gp}) / VR$$

حيث V_{ga} تساوي . 8556 mL

٧ - درجة التشبع المتبقية عند ضغط الاشباع (S_b) وتحسب من المعادلة التالية :

$$S_{ob} = (V_{ga} - V_{gp}) / Vb \quad (18-3)$$

حيث أن :

ثم نرتيب النتائج في جدول خاص رقم (٢٧)

بعد أن تم الحصول على قيمة حجم النفط في الشروط السطحية (VB)، ومن ثم اعتناماً على تحليل النفط الميت حصلنا على كثافة النفط في الشروط السطحية وكانت $\rho_0 = 0,8662$ وينضرب قيمة الكثافة بالحجم نحصل على وزن النفط :

$$G_0 = 77,99 \times 0,8662 = 67,55 gr$$

أما بالنسبة للغاز فان $V_{ga} = 8556 b mL$ وهو مجموع الغاز

الذي خرج أثناء الفصل التفاضلي وكذلك تم الحصول على كثافة الغاز الوسطية في الدستور التالي :

$$\rho_g = \frac{\gamma_i \times M_i}{100 \times 23,6445} \quad (19 - ٣)$$

ومن ثم تم الحصول على وزن الغاز: $G_g = 11,79 \text{ gr}$

يحسب وزن النفط والغاز بجمع وزنيهما من العلاقة :

$$G_{og} = G_0 + G_g = 67,55 + 11,79 = 79,34 \text{ gr}$$

وتبقى هذه القيمة ثابتة حتى ضغط الاشباع وبعد ذلك يبدأ الغاز بالانفصال عن النفط ، عند القيمة الأولى التي انفصل عندها الغاز والمساوية إلى $V = 926$.

يحسب وزن الغاز الذي خرج من الخلية كالتالي :

$$926 = 1,1637042 \times 0,0012567$$

حيث نحصل على القيمة $0,0012567$ من جدول التحليل الكرمتوغرافي للغاز عند الافراغ الأول وهي موضحة في الجدول رقم (30) ثم نحصل على وزن النفط والغاز وذلك بطرح وزن الغاز المنفصل عن الافراغ الأول من G_{og} .

$$79,34 - 1,1637 = 78,18$$

وهكذا تحسب بقية النقاط ، حيث رتبت في الجدول رقم (31).

٤ - ٢ - نتائج القياس:

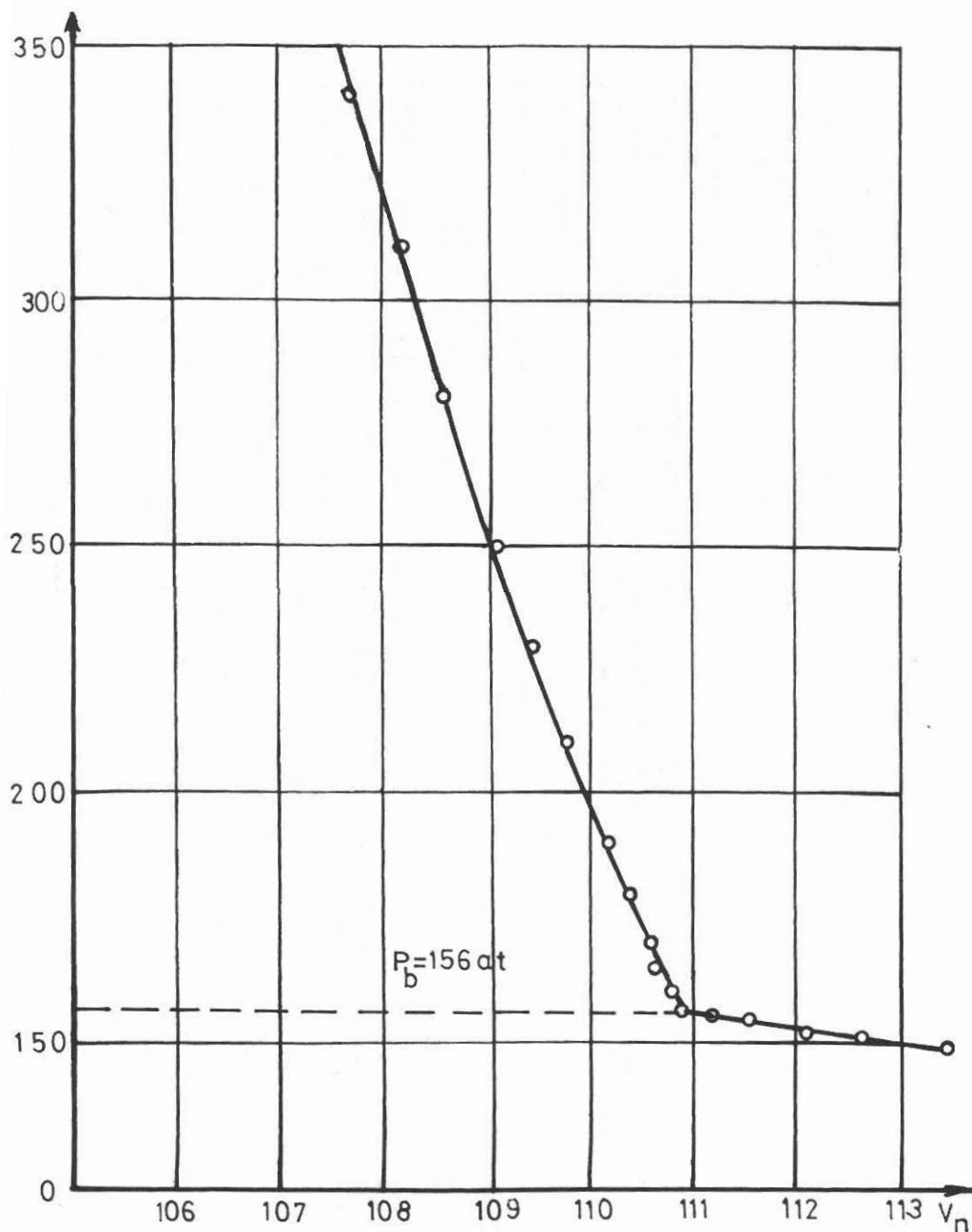
الجدول رقم (22) يوضح نتائج قياس وحسابات التمدد الحراري
للنفط المشبع عند ضغط . 400 at

O.P	$\Delta O P X F T$	V_G	V_{Hg}	V_o	t_x	V_{rel}
218.880	0.000	639.659	539.545	100.114	23.4	1.0000
217.740	1.0142	639.768	540.305	100.604	30	1.0048
214.350	4.0555	640.096	542.610	102.041	50	1.0192
210.930	8.0024	640.424	544.917	103.530	70	1.0341
207.410	11.0618	640.752	547.227	105.143	90	1.0502
203.570	15.0570	641.116	549.793	106.893	112.2	1.0677

الجدول رقم (22)

P	O.P	$\Delta O.P$	C_{HS}	C_G	V_G	V_{HG}	C_{HG}	$\sum C_{HS} + C_G$	C_V	V_n
400	203.570	0.000	0.000	0.000	641.116	534.223	0.000	0.000	0.000	106.893
370	202.920	0.661	0.153	0.035	641.077	533.523	0.064	0.252	0.408	107.301
340	202.270	1.322	0.307	0.070	641.039	532.823	0.127	0.505	0.817	107.710
310	201.580	2.024	0.460	0.105	641.000	532.083	0.191	0.757	1.266	108.159
280	200.880	2.736	0.614	0.140	640.962	531.332	0.255	1.009	1.726	108.619
250	200.160	3.469	0.768	0.175	640.923	530.561	0.318	1.261	2.207	109.100
230	199.660	3.977	0.870	0.198	640.898	530.027	0.360	1.429	2.547	109.440
210	199.120	4.526	0.972	0.222	640.872	529.452	0.402	1.597	2.929	109.822
190	198.550	5.106	1.075	0.245	640.846	528.846	0.444	1.765	3.341	110.234
180	198.270	5.391	1.126	0.257	640.833	528.549	0.465	1.848	3.542	110.435
170	197.990	5.676	1.177	0.269	640.821	528.251	0.485	1.932	3.743	110.636
165	197.850	5.818	1.203	0.274	640.814	528.102	0.496	1.974	3.844	110.737
160	197.710	5.961	1.228	0.280	640.808	527.953	0.506	2.016	3.944	110.837
156	197.580	6.093	1.249	0.285	640.803	527.816	0.515	2.049	4.043	110.936
155	197.300	6.378	1.254	0.286	640.801	527.530	0.516	2.058	4.320	111.213
154	196.900	6.785	1.256	0.287	640.801	527.122	0.517	2.061	4.723	111.616
152	196.400	7.294	1.267	0.289	640.798	526.611	0.521	2.078	5.215	112.108
151	195.800	7.904	1.274	0.291	640.796	525.999	0.523	2.090	5.814	112.707
148	195.000	8.718	1.290	0.294	640.792	525.181	0.529	2.114	6.603	113.496

(23) مدول رقـ



الشكل رقم (٢٨) : علاقة الضغط بالحجم عند درجة حرارة الطبقة
 $\cdot t = 112,2 \text{ } ^\circ\text{C}$

الجدول رقم (24) يوضح ترتيب قياس وحسابات التعدد المترتب عند نقط شابت P = 400 at

O.P	$\Delta O.P \times F.T$	V_c	V_{HG}	V_o	t_r	V_{rel}
240.720	0.000	639.768	562.196	77.572	30.0	1.000
237.960	2.072	640.096	564.582	78.285	50.0	1.0091
235.270	5.0494	640.424	566.972	78.946	70.0	1.0177
229.550	11.0346	641.116	572.021	80.441	112.2	1.0369

الجدول رقم(٢٥) توضيح تنتائج حسابات الـ PV - Run لشحنة الميت

$t = 30^{\circ}\text{C}$

الجدول رقم(٢٥- a-b-c-d)

P	O.P	$\Delta O.P$	C_{HS}	C_c	V_c	V_{Hg}	C_{Hg}	$+C_{HS} + C_c$	C_v	V_n
400	240.720	0.000	0.000	0.000	639.768	562.196	0.000	0.000	0.000	77.572
350	240.18	0.541	0.256	0.058	639.708	561.594	0.112	0.426	0.114	77.685
300	239.610	1.112	0.512	0.117	639.648	560.963	0.224	0.853	0.259	77.831
250	239.040	1.683	0.768	0.175	639.588	560.337	0.336	1.279	0.404	77.976
200	238.470	2.255	1.024	0.234	639.528	559.700	0.447	1.705	0.549	78.121
150	237.890	2.836	1.280	0.292	639.468	559.059	0.559	2.131	0.704	78.275
100	237.290	3.437	1.536	0.351	639.408	558.393	0.670	2.557	0.880	78.452
50	236.680	4.049	1.792	0.409	639.348	557.725	0.780	2.982	1.066	78.638

t = 50 C°

25 - b

جدول رقم

P	O.P.	ΔOP	C _{HS}	C _G	V _G	V _{Hg}	C _{Hg}	$\frac{C_{HS} + C_G}{C_{Hg}}$	C _V	V _n
400	237.960	0.000	0.000	0.000	640.096	561.811	0.000	0.000	0.000	78.185
350	237.420	0.543	0.256	0.058	640.035	561.206	0.112	0.426	0.116	78.401
300	236.830	1.136	0.512	0.117	639.974	560.552	0.224	0.853	0.283	78.568
250	236.260	1.710	0.768	0.175	639.913	559.917	0.335	1.279	0.430	78.715
200	235.660	2.313	1.024	0.234	639.852	559.235	0.447	1.705	0.608	78.893
150	235.040	2.937	1.280	0.292	639.791	558.568	0.558	2.131	0.806	79.091
100	234.400	3.581	1.536	0.351	639.730	557.863	0.669	2.556	1.024	79.309
50	333.730	4.255	-0.512	-0.117	640.218	557.677	-0.223	-0.852	5.107	83.392

جدول رقم

25 - C

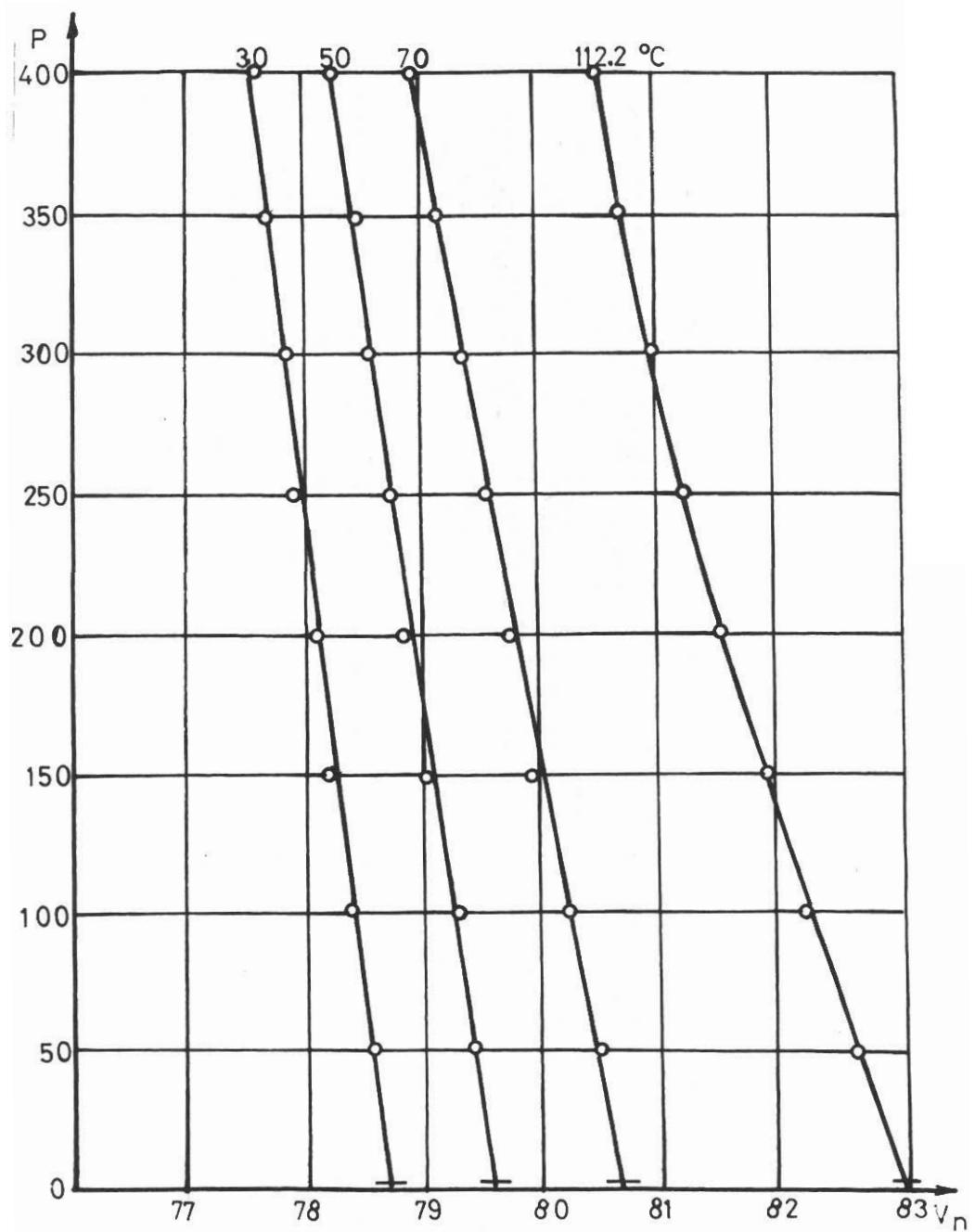
t = 70 °C

P	O.P	$\Delta O.P$	C_{HS}	C_C'	V_C'	V_{Hg}	C_{Hg}	$\frac{\sum C_{HS} + V_C}{C_{Hg}}$	C_V	V_H
400	235•270	0.000	0.000	0.000	640•424	561•473	0.000	0.000	0.000	78.946
350	234•670	0.605	0.256	0.058	640•362	560•810	0.112	0.426	0.179	79.125
300	234•060	1.221	0.512	0.117	640•300	560•132	0.224	0.853	0.368	79.314
250	233•430	1.857	0.768	0.175	640•238	559•434	0.335	1.279	0.578	7.9•524
200	232•790	2.503	1.024	0.234	640•176	558•726	0.446	1.704	0.798	79.744
150	232•130	3.170	1.280	0.292	640•114	557•997	0.557	2.130	1.039	79.985
100	231•450	3.856	1.536	0.351	640•052	557•249	0.668	2.555	1.300	80.246
50	230•740	4.573	1.792	0.409	639•990	556•470	0.779	2.980	1.590	80.538

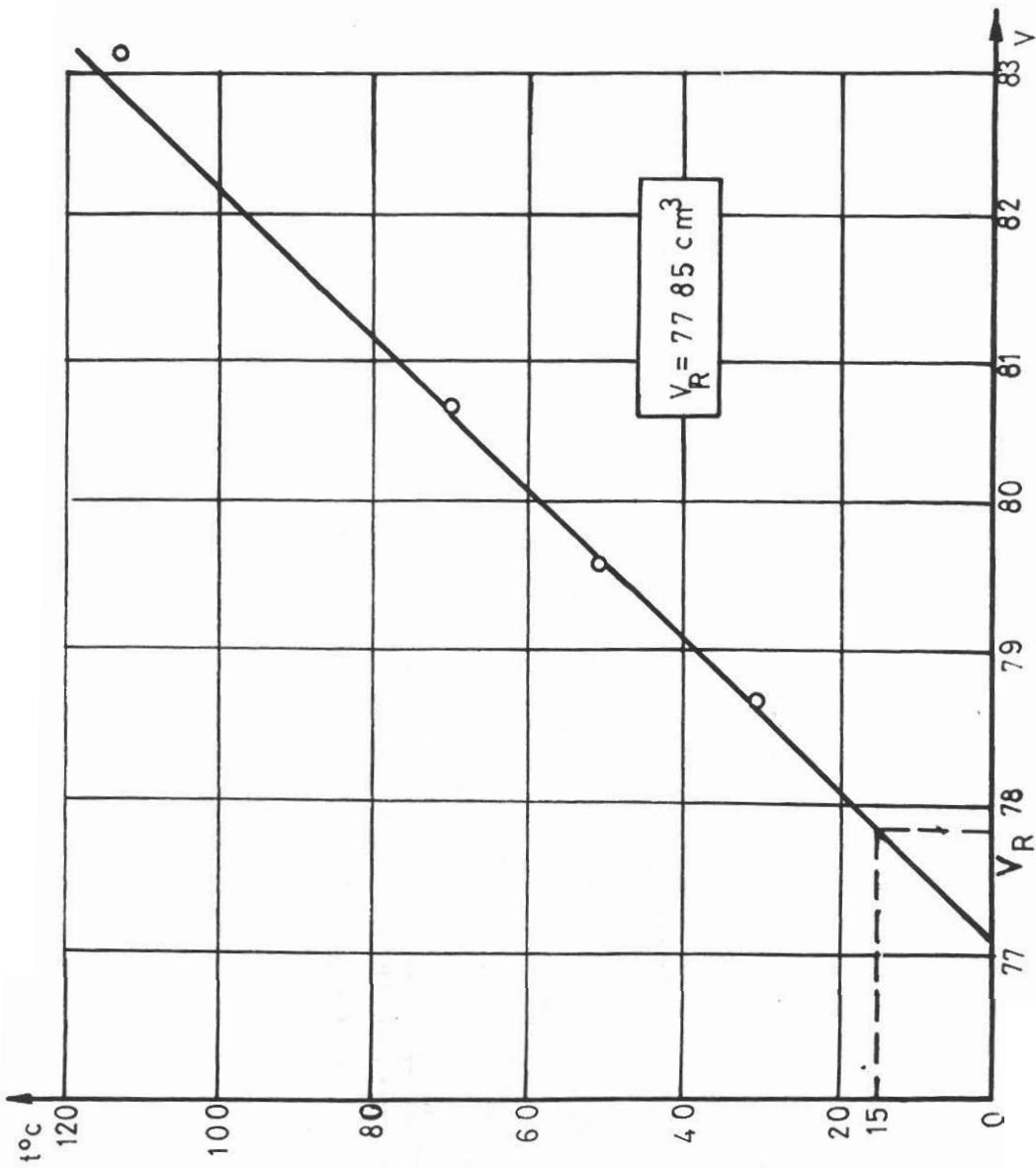
جدول رقم

$t = 112.2^{\circ}C$

P	O.P	$\Delta O.P$	C_{HS}	C_C'	V_C'	V_{Hg}	C_{Hg}	$\sum \frac{C_{Hg} + C_c}{C_{Hg}}$	C_V	V_n
400	229.550	0.000	0.000	0.000	641.116	560.675	0.000	0.000	0.000	80.441
350	228.890	0.671	0.256	0.058	641.051	559.939	0.111	0.426	0.244	80.685
300	228.210	1.363	0.512	0.117	640.987	559.183	0.223	0.852	0.510	80.951
250	227.490	2.095	0.768	0.175	640.923	558.387	0.335	1.278	0.817	81.258
200	226.760	2.838	1.024	0.234	640.859	557.580	0.446	1.704	1.134	81.575
150	226.010	3.601	1.280	0.292	640.795	556.753	0.556	2.129	1.471	81.912
100	225.230	4.394	1.536	0.351	640.731	555.895	0.667	2.554	1.840	82.281
50	224.380	5.259	1.792	0.409	640.667	554.966	0.776	2.978	2.281	82.722



الشكل رقم (٢٩): العلاقة بين الضغط والحجم عند درجات حرارة مختلفة .



الشكل رقم (٣٠) : العلاقة بين انحصار درجات الحرارة عند الضغط الجوي .

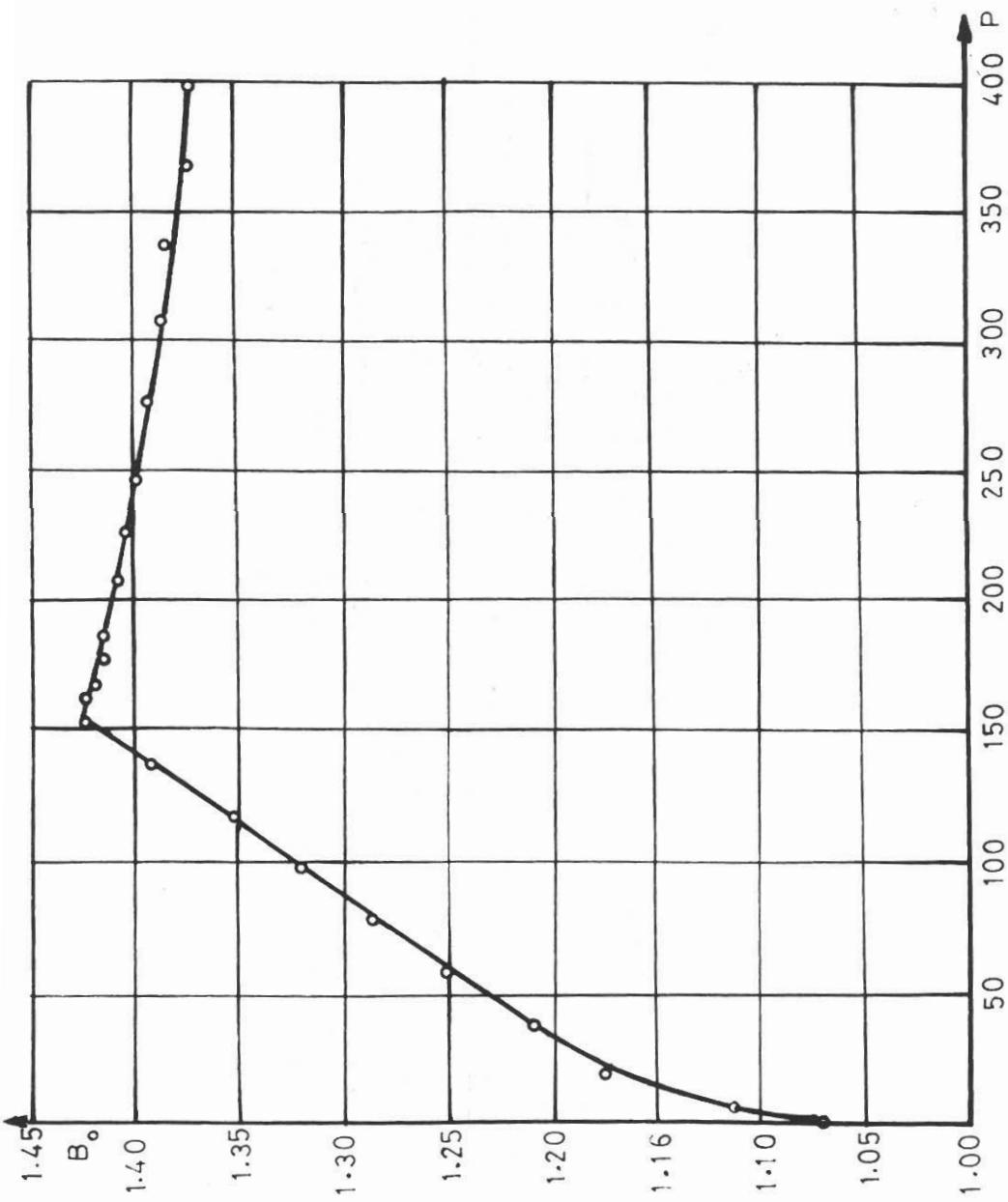
من فقط الاشباع و حتى الغطاء الجوي .

الجدول رقم (26) يوضح نتائج حسابات PV - RUN - PV للفضاء المشبع عند درجة حرارة الطبقة ($t = 112.2^{\circ}C$) بدءاً من

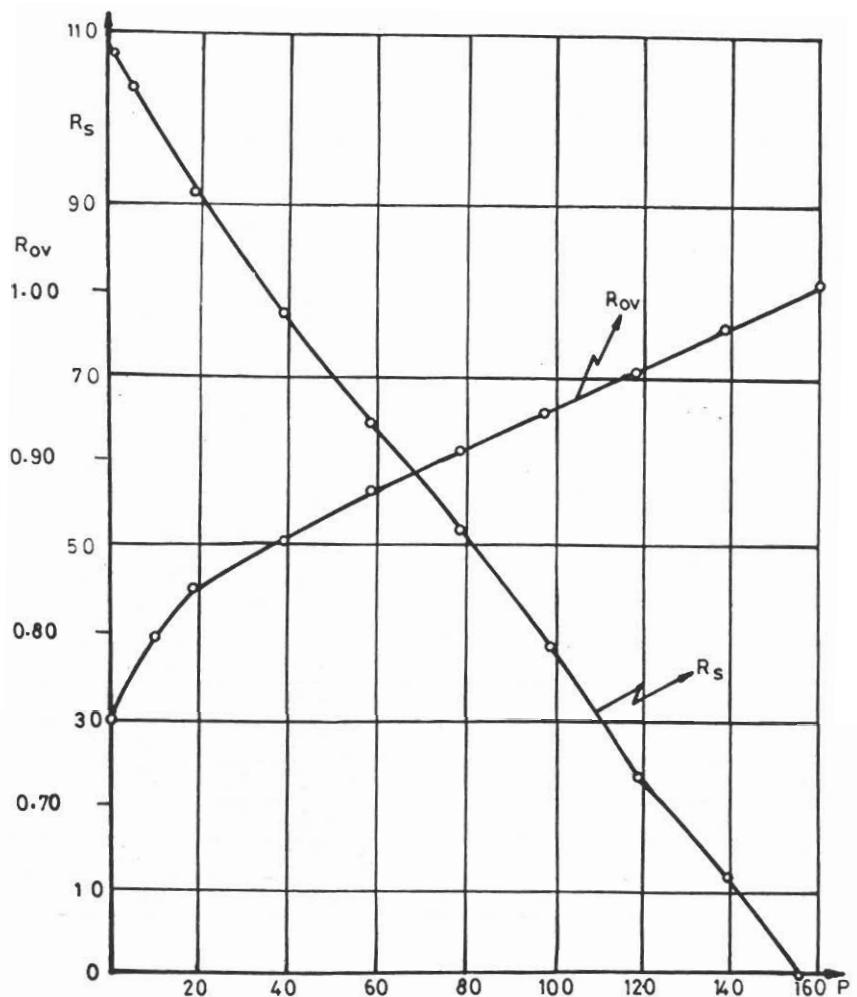
P	0.P	ΔOP	C_{HS}	C_C	V_C	V_{Hg}	C_{Hg}	$\zeta C_{Hg} + C_C + C_{HS}$	C_V	V_n
156	197.580	0.000	0.000	0.000	640.803	529.867	0.000	0.000	0.000	110.936
140	199.880	-2.339	0.081	0.018	640.782	532.186	0.034	0.134	-2.474	108.461
120	202.600	-5.106	0.184	0.042	640.757	534.927	0.077	0.303	-5.410	105.525
100	204.810	-7.355	0.286	0.065	640.731	537.150	0.120	0.472	-7.827	103.108
80	207.320	-9.908	0.389	0.088	640.705	539.678	0.164	0.642	-10.520	100.385
60	209.810	-12.441	0.491	0.112	640.680	542.185	0.208	0.812	-13.253	97.682
40	212.400	-15.076	0.593	0.135	640.654	544.794	0.252	0.982	-16.058	94.877
20	215.410	-18.138	0.696	0.159	640.628	547.831	0.298	1.153	-19.291	91.644
6,0	218.800	-21.587	0.768	0.175	640.610	551.262	0.330	1.274	-22.861	88.074
1	223.150	-26.012	0.793	0.181	640.604	555.680	0.344	1.319	-27.331	83.604

الجدول رقم (27) يوضح نتائج الحسابات المتعلقة بالغاز ودرجة التشبع :

P at bar	P at bar	V _n mL	R _{ov}	V _g	V _{ga}	R _s	R _b	S _o	S _{ob}
156	153.0	110.936	1.000	0	0	-	-	109.7	77.1
140	137.3	108.461	0.9777	926	926	11.87	8.35	97.8	68.6
120	117.7	105.525	0.9512	1061	1987	25.48	17.91	84.2	59.2
100	98.1	103.108	0.9294	994	2981	38.22	26.87	71.5	50.2
80	78.5	100.385	0.9049	1032	4013	51.45	36.17	58.2	40.9
60	58.8	97.682	0.8805	1002	5015	64.30	45.21	45.4	31.9
40	39.2	94.877	0.8552	1021	6036	77.39	54.41	32.3	22.7
20	19.6	91.644	0.8261	1098	7134	91.47	64.30	18.2	12.8
6	5.9	88.074	0.7939	948	8082	103.63	72.85	6.1	4.3
1	1.0	83.604	0.7536	474	8556	109.71	77.12	0	0



الشكل رقم (٣١) : العلاقة بين انضغط (p) وعامل حجم النفط (B_0)



الشكل رقم (٣٢) : انلعةة بين الضغط (p) وكل من (R_{OV}) وعامل الغار (R_S)

الجدول رقم (٢٨) يوضح ستائج عامل حجم النفط عند ضغط الاشباع

وفي الشروط السطحية :

P _{at}	P _{bar}	V _n	R _{ov}	R _n = V _n / V _R
400	392.3	106.893	0.9636	1.3706
370	362.9	107.302	0.9672	1.3757
340	333.5	107.710	0.9709	1.3810
310	304.0	108.159	0.9750	1.3868
280	274.6	108.619	0.9791	1.3927
250	245.2	109.100	0.9834	1.3988
230	225.6	109.440	0.9865	1.4032
210	206.0	109.822	0.9900	1.4082
190	186.3	110.434	0.9955	1.4160
180	176.5	110.435	0.9955	1.4160
170	166.7	110.636	0.9973	1.4186
165	161.8	110.737	0.9982	1.4198
160	156.9	110.837	0.9991	1.4211
156	153.0	110.936	1.0000	1.4221
140	137.3	108.461	0.9777	1.3907
120	117.7	105.525	0.9512	1.3530
100	98.1	103.108	0.9294	1.3220
80	78.5	100.385	0.9049	1.2871
60	58.8	97.682	0.8805	1.2524
40	39.2	94.877	0.8552	1.2164
20	19.6	91.644	0.8261	1.1750
6	5.9	88.074	0.7939	1.1292
1	1	83.604	0.7536	1.0719

$V_{OL}\%$	1 3500	2 3500	γ_i	3 1340
C ₂	2.88	1.39	1.85	0.38
CO ₂	39.01	46.97	43.13	43.73
C ₁	51.30	34.80	39.18	18.73
C ₂	3.80	6.58	6.15	11.17
C ₃	2.05	6.38	6.02	15.43
IC ₄	0.23	0.93	0.89	2.53
nC ₄	0.47	1.99	1.90	5.38
IC ₅	0.07	0.33	0.31	0.89
nC ₅	0.08	0.39	0.36	1.03
C ₆	0.06	0.19	0.21	0.66

جدول رقم (٢٩) : يوضح نتائج التحليل الكرومتوغرافي للغاز .

١) يحسب المعدل الوسطي للآزوت مثلا على الشكل التالي :

$$\frac{2,88 \times 3500 + 1,39 \times 3500 + 0,38 \times 1340}{3} = 5151,4$$

$$\frac{3500 + 3500 + 1340}{3} = 2780 = \frac{515164}{2780} = 1,85$$

٢) تحسب كثافة الغاز بالشكل التالي :

$$\rho = \frac{\sum y_i \cdot M_i}{100 \times 23 \cdot 6445} +$$

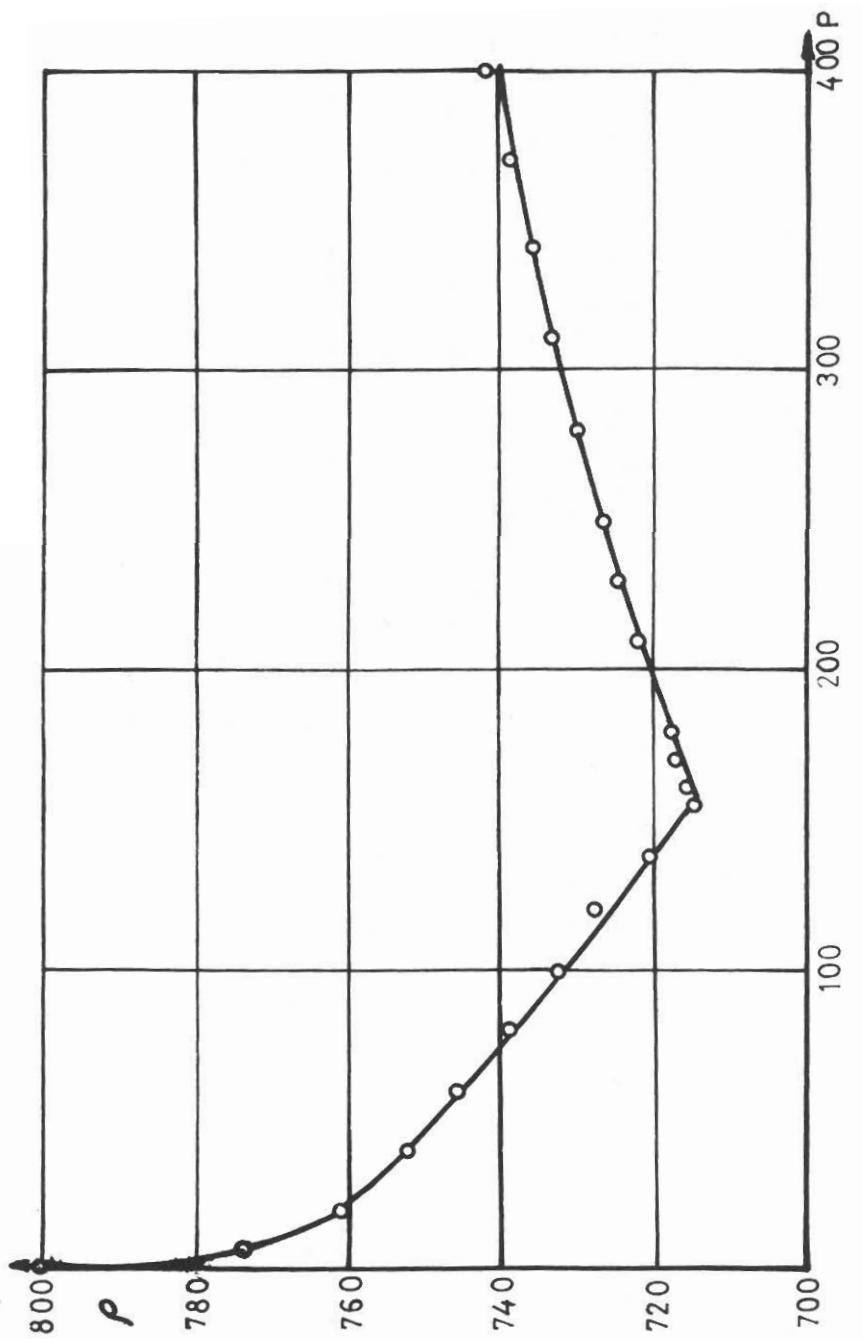
$$+ \frac{1,90 \times 58 + 0,31 \times 72 + 0,36 \times 72 + 0,21 \times 86}{100 \times 23,6445} = 1,376$$

قسمنا على 23,644 بدلا من 22,4 لأن الأخيرة هي عند الضغط الجوي (at ٠°C) بينما الأولى هي عند at 1 و ١٥°C وهي الشروط المطلوبة .

جدول رقم (30) يوضح النسب المئوية لحجوم الغازات المفرغة من الخلية والمحصول عليها بتحليل الكرمتوغرافي .

V_{OL}	أوزان الماء	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$P \rightarrow 140$	120	100	80	60	40	20	6	6	1.0
N ₂	3.04	3.17	2.44	1.72	1.15	0.54	0.21	0.00	0.00	
CO ₂	37.34	38.22	39.11	40.53	43.41	45.70	47.25	41.06	25.87	
C ₁	49.71	48.61	48.30	46.63	42.56	38.07	29.56	18.36	6.70	
C ₂	3.87	3.95	4.07	4.83	5.02	5.90	7.68	10.06	10.97	
C ₃	3.15	3.21	3.19	3.64	4.28	5.34	8.00	15.25	27.81	
i-C ₄	0.52	0.52	0.53	0.57	0.68	0.85	1.38	3.02	6.39	
n-C ₄	1.19	1.19	1.22	1.32	1.55	1.97	3.25	7.41	15.21	
i-C ₅	0.28	0.28	0.28	0.29	0.35	0.43	0.73	1.56	2.73	
n-C ₅	0.37	0.37	0.36	0.39	0.44	0.54	0.96	1.89	2.90	
C ₆	0.49	0.42	0.45	0.39	0.51	0.60	0.92	1.34	1.38	
المجموع										1.9390
15 C ₀	1.2567	1.2672	1.2758	1.2982	1.3527	1.4119	1.5296	1.7128		

الجدول رقم (30)



شكل رقم (٣٣): العلاقة بين الضغط والكتافة .

الجدول رقم (31) يوضح نتائج حسابات وزن النفط والغاز، وكثافة النفط وذلك عند ضغوط مختلفة .

P at	V _n mL	G _{og} gr	ρ _o gr/mL
400	106.893	79.34	0.7422
370	107.301	79.34	0.7394
340	107.710	79.34	0.7366
310	108.159	79.34	0.7335
280	108.619	79.34	0.7304
250	109.100	79.34	0.7272
230	109.440	79.34	0.7250
210	109.822	79.34	0.7224
180	110.435	79.34	0.7184
170	110.636	97.34	0.7171
160	110.837	79.34	0.7158
156	110.936	79.34	0.7152
140	108.461	78.18	0.7208
120	105.525	76.84	0.7282
100	103.108	75.57	0.7329
80	100.385	74.23	0.7395
60	97.682	72.87	0.7460
40	94.877	71.43	0.7529
20	91.644	69.75	0.7611
6	88.074	68.13	0.7736
1	83.604	67.21	0.8039

الفصل الرابع

١ - تعين لزوجة النفط الطبقي :

تعين الزوجة بالعلاقة التالية :

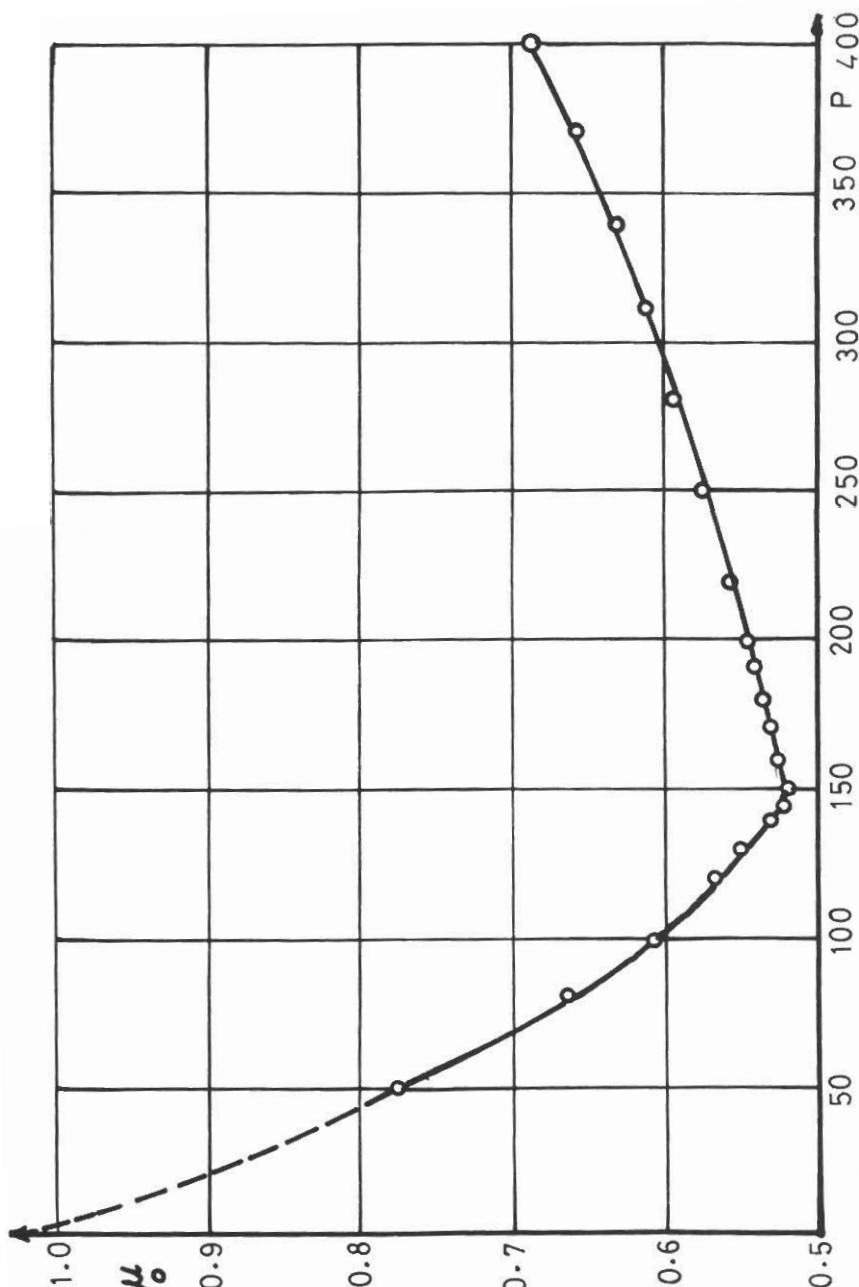
$$\mu = t_{(sec)} \times 0,004841 (M.Pa.S) \quad (1-4)$$

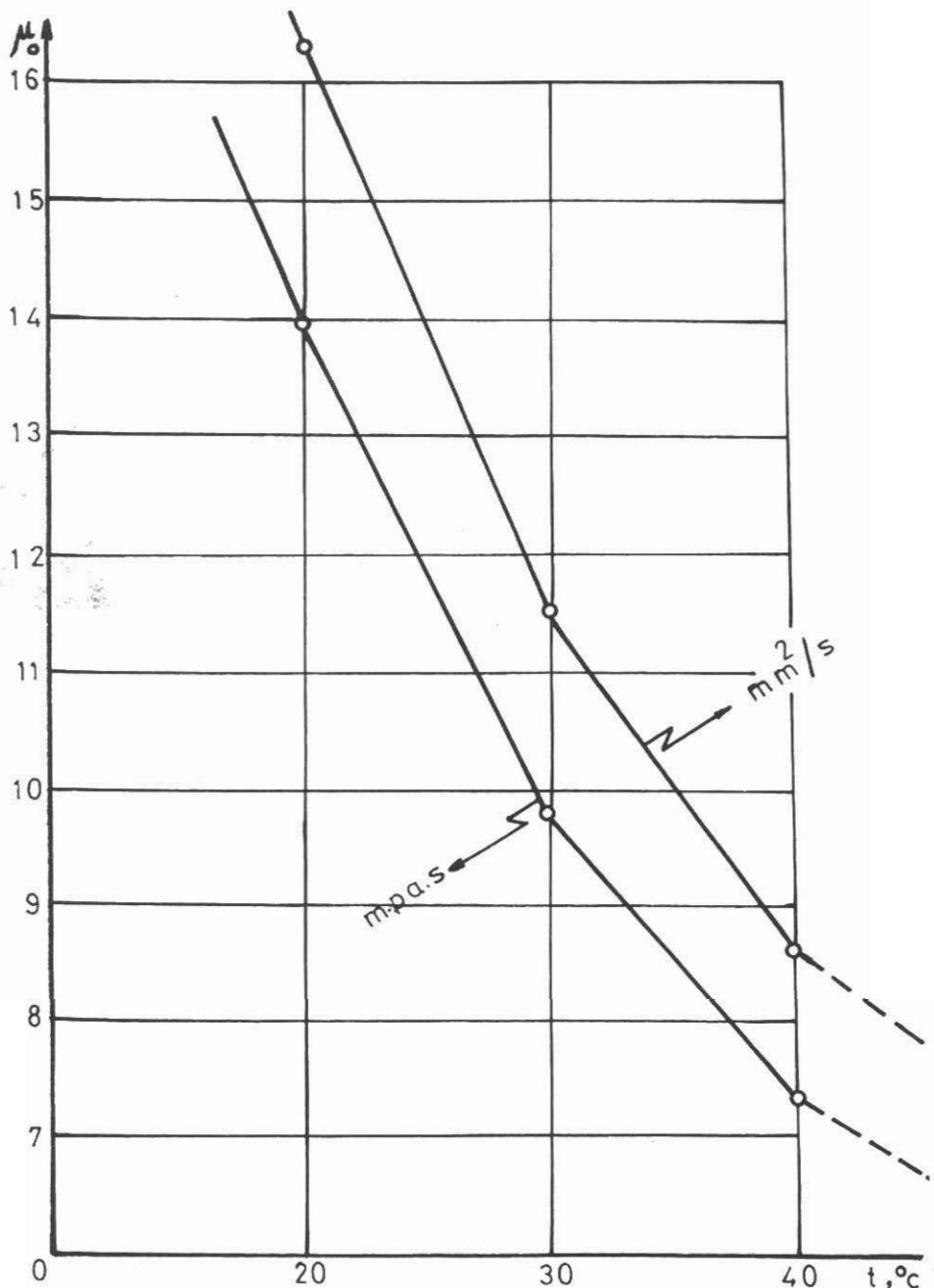
وبتحديد زمن سقوط الكرة الفولاذية في كل مرة و مقابل كل قيمة للضغط) وبتحديد كثافة النفط ρ_0 (تؤخذ من الجدول رقم ٣) ، علمائى القيمة (7,7076) تمثل كثافة الكرة والقيمة (0,00484) تمثل ثابتة الجهاز ٠ ، نحصل على قيم مختلفة الزوجة تبعاً لزمن السقوط الجدول رقم (٣٢) يوضح قيم الزوجة عند درجة حرارة الطبة ١١٢,٢ ٠

P_{at}	P_{bar}	كثافة النفط ρ_0 gr/mL	زمن سقوط الكرة t (sec)	اللزوجة μ_0 (m.P _a .S)
400	392.3	0.7422	20.40	0.6879
370	362.9	0.7394	19.50	0.6578
340	333.5	0.7366	18.75	0.6327
310	304.6	0.7335	18.20	0.6145
280	274.6	0.7304	17.60	0.5945
250	245.2	0.7272	17.00	0.5745
220	215.8	0.7237	16.50	0.5578
200	196.2	0.7212	16.25	0.5496
190	186.3	0.7199	16.10	0.5446
180	176.5	0.7184	15.90	0.5380
170	166.7	0.7171	15.70	0.5313
160	156.9	0.7158	15.60	0.5280
150	147.1	0.7175	15.40	0.5211
148	145.2	0.7181	15.40	0.5211
145	142.2	0.7191	15.50	0.5244
140	137.3	0.7208	15.70	0.5310
130	127.5	0.7239	16.40	0.5545
120	117.7	0.7282	16.80	0.5676
100	98.1	0.7329	18.00	0.6078
80	78.5	0.7395	19.70	0.6645
50	49.0	0.7492	23.80	0.7750

جدول رقم (32)

الشكل رقم (٤) : العلاقة بين الدرجة والضغط .





الشكل رقم (٣٥) : العلاقة بين الزوجة ودرجة الحرارة .

٢ - تعيين عامل التمدد الحراري للنفط عند درجة حرارة المخبر :

ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\beta = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

حيث أن :

V_0 - حجم النفط وتؤخذ قيمته من الجدول رقم (22) التي تساوي 114 m L (100) وهي القيمة المأخوذة عند درجة حرارة الغرفة .

ΔV - الفرق بين قيم حجم النفط عند درجة حرارة الغرفة (23,4) ودرجة حرارة الطبقة (112,2) . ويساوي :

$$V = 106,893 - 100.114 = 6,776 \text{ m L}$$

Δt - الفرق بين درجة حرارة الغرفة ودرجة حرارة الطبقة $t = 112,2 - 23,4 = 88,8 {}^{\circ}\text{C}$

وبالتالي فإن قيمة β تساوي :

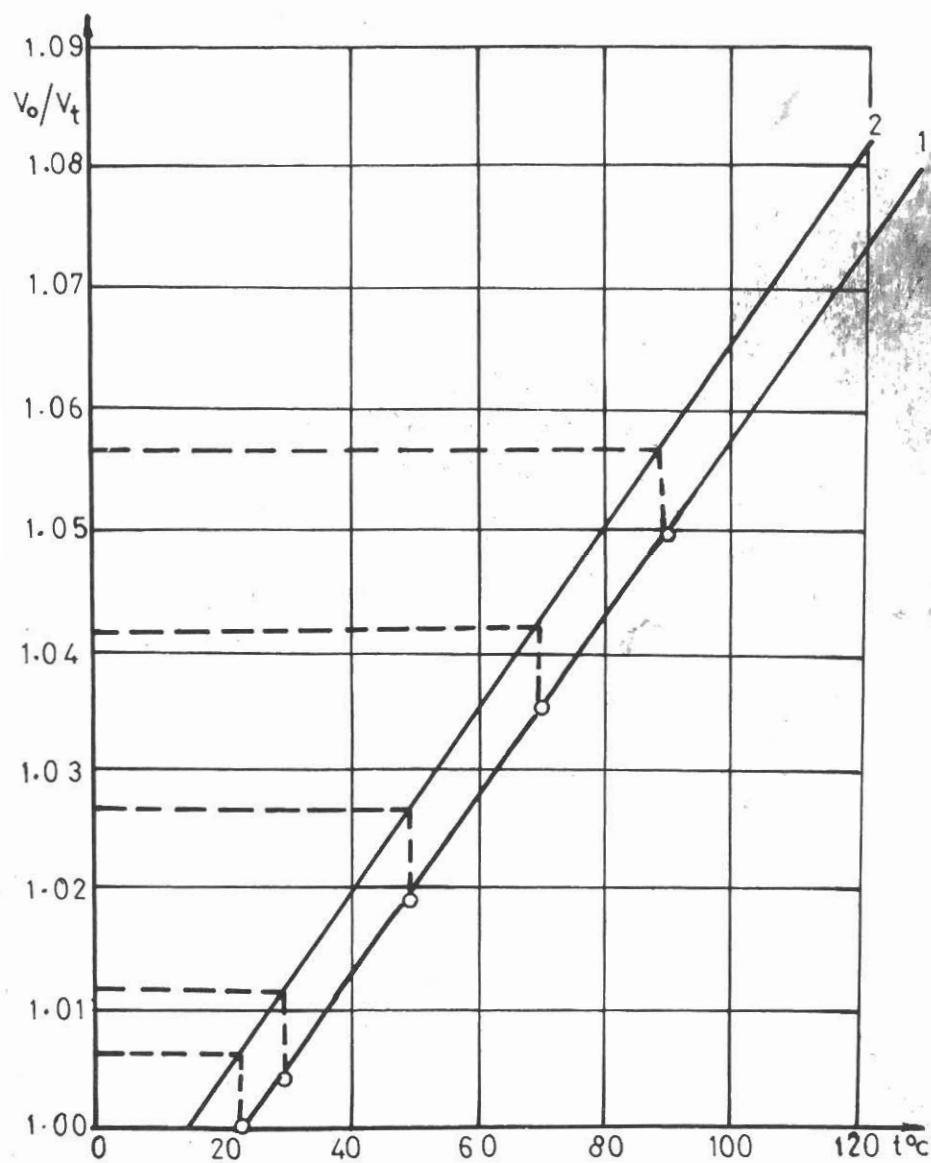
$$\beta = \frac{1}{100 \cdot 114} \cdot \frac{6,779}{88,8} = 7,63 \times 10^{-4} {}^{\circ}\text{C}^{-1}$$

من الجدول رقم (22) نأخذ قيم الحجم النسبي ودرجات الحرارة ثم نرسم منحنيا يمثل العلاقة بينهما (الشكل رقم ٣٦ ، المنحني رقم واحد) .

بعد ذلك نقيم مواز للمنحنى رقم (1) المرسوم سابقا بحيث يمر من درجة الحرارة 15°C فنحصل على المحنى (2)، وباسقاط قيم الحجم النسبي (الموجود على الشكل) على المحنى الموازي (رقم 2) ومنه على محور العينات، نحصل على قيم الحجم النسبي $V_0 / V_{15^{\circ}\text{C}}$ المقابل لدرجات الحرارة المختلفة ثم توضع النتائج في الجدول التالي رقم (33).

درجة الحرارة $t^{\circ}\text{C}$	الحجم النسبي $V_0 / V_{15^{\circ}\text{C}}$
15	1.000
23.4	1.006
30	1.0115
50	1.0265
70	1.0415
90	1.0565
112.2	1.0732

جدول رقم (٣٣)



الشكل رقم (٣٦) : العلاقة بين الحجم النسبي ودرجات الحرارة .

٣ - تعيين عامل انضغاطية النفط الطبقي C :

ويُعطى بالعلاقة التالية :

$$C = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

ويُؤخذ لطور واحد، وهو المجال بعد ضغط الاشباع ، حيث يُؤخذ الضغط مثلاً بين القيم $400 - 160$ وبالتالي يُؤخذ حجم النفط من العمود (١١) للجدول رقم (23) . وهما $110,837$ و $106,893$ وبذلك نحصل على C كالتالي :

$$C = \frac{1}{106,893} \cdot \frac{(110,837 - 106,893)}{(400 - 160)} = \\ = 1,54 \cdot 10^{-4} \left(\frac{1}{at} \right)$$

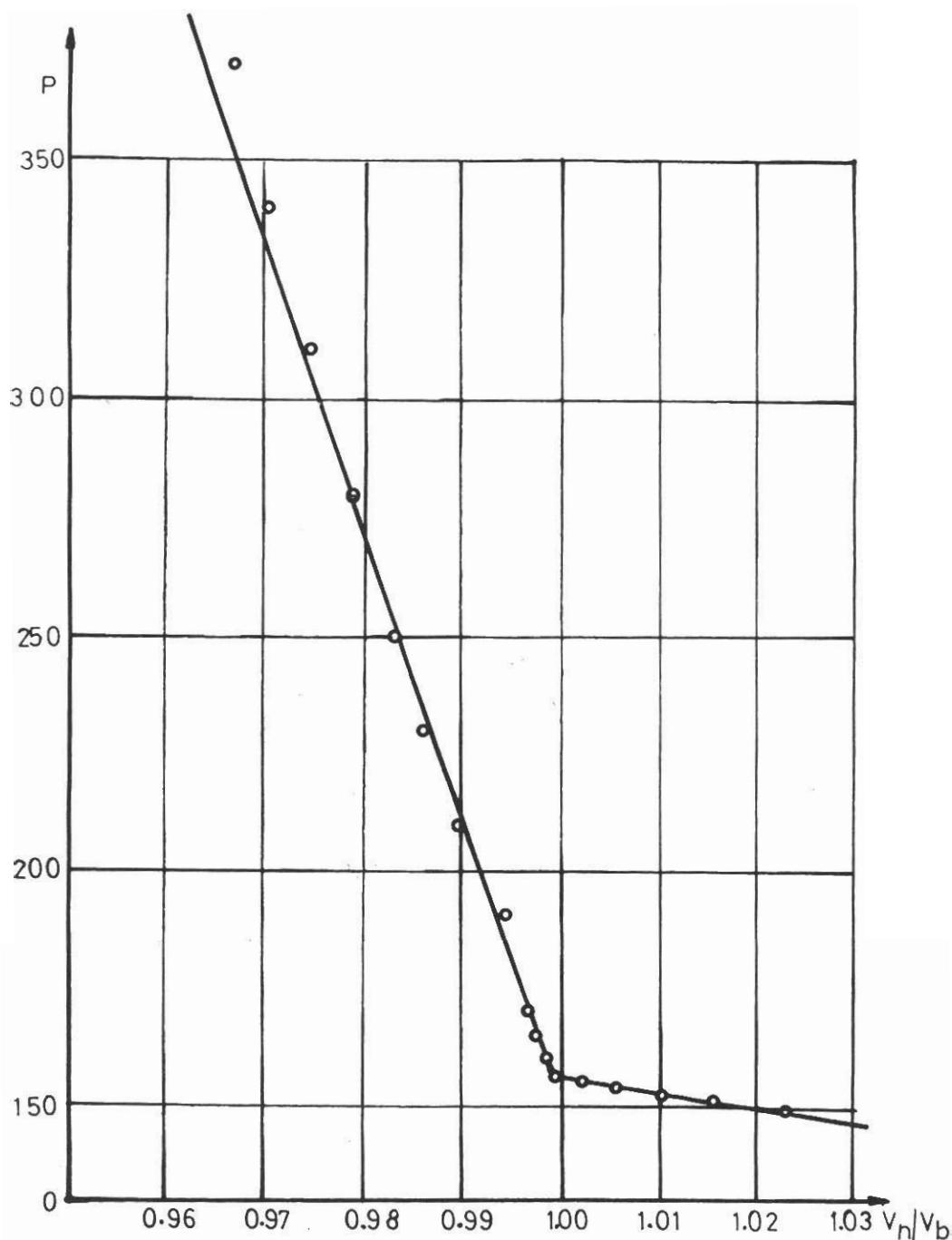
يمكن أن نأخذ أي مجال بين نقطتين بشرط أن يكونا أكبر من ضغط الاشباع .

من الجدول رقم (23) نأخذ قيم حجم النفط المصحح (V_h) ونقسمها على حجم النفط عند ضغط الاشباع ($V_b = 110,936$) فنحصل على الحجم النسبي عند ضغط الاشباع ، ثم نرتب النتائج في الجدول رقم (34) ومنه نرسم المنحني الموضح للعلاقة بين قيم الضغط والحجم النسبي الشكل رقم (٣٧)

علماً أن الحسابات أجريت عند درجة حرارة الطبقة $0^{\circ}C$

P at	P bar	V_n/V_b
400	392.3	0.9636
370	362.9	0.9672
340	335.5	0.9709
310	304.0	0.9750
280	274.6	0.9791
250	245.2	0.9834
230	225.6	0.9865
210	206.0	0.9900
190	186.3	0.9954
180	176.5	0.9955
170	166.7	0.9973
165	161.8	0.9982
160	156.9	0.9991
156	153.0	1.000
155	151.5	1.0025
154	150.9	1.0061
152	149.6	1.0106
151	148.0	1.0160
148	145.1	1.0231

جدول رقم (34)



الشكل رقم (٣٧) : العلاقة بين الضغط والحجم النسبي .

*** جدول المصطلحات العلمية ***

Abandoned Well	بئر مهجور
Absolyte	مطلق
Absorotion	امتصاص
AcidiZation Of Well	تحميس البئر
Acidtreatment	معالجة بالحمض
Adsorption	امتزاز
Airchamber	حجرة الهواء
Annulus	فراغ حلقي
Armature magnet	غلاف المغناطيس
Asphalt - Crudoil	نفط خام اسفلتني
Auxiliaryoil chamber	حجرة الزيت الاضافية
Baffle Caller	حلقة استناد
Bath stirring motor	محرك مزج الزيت في الحوض
Barrelseal	مانع تسرب الاسطوانة
Bending Stress	جهد الانحناء
Bit	رأس الحفر
Bleed Valve	صمام الخروج
Blindcell	خلية عميق
Bottomholepreassure	ضغط قعر البئر

Bringing inwell	تجهيز البئر للانتاج
Bubble	فقاعة
Bubble Point Pressure	ضغط الاشباع
Blow. Out Preventer	جهاز منع الانفجار
Chart	رسم بياني أو جدول
Calibration	معاييرة
Cassing	مواسير التغليف
Cassing Paker	باكر المواسير
Catchercore	لاقط العينة
Chromatographhy Analyses	التحليل الكروماتوغرافي
Circulation Of mud	دورة سائل الحفر
Clay	غضار
Caprock	قبعة صخرية
Cleavage	تشقق
Clock head	مقدمة الساعة
Clock Chamber	حبرة الساعة
Column	عمود
Compressibility	عامل الانضغاطية
Contactas Sembly	مكان تجميع الوصلات
Control Panel	لوحة التحكم الآلي
Conteland minheater	التحكم الآلي والمسخنات الرئيسية

Core	عينة اسطوانية
Corebit	رأس التلبيب
Crown block	البكرات الثابتة
crudeoil	النفط الخام
cutting	الفتاتات المخبرية
Circulating mudpits	خزانات الطفلة (دورة الطفلة)
Casing Shos	حذاء المواسير
Cementing head	رأس عملية السمنتة
Cementing Callar	وصلة السمنتة
Cementing Plug	فاصل اسمنتى
Cementing Process	عملية اسمنتية
Dead Well	بئر ميتة
Density	الكثافة
Degassing	فصل الغاز
Deviated Well	بئر منحرفة
Dew - Point	نقطة الندى
Desanding equipment	جهاز فصل الرمل
Differential Analyses	تحليل تفاضلي
Directional drilling	حفر موجة
Displacement	ازاحة
Dissolvednatural gas	غاز طبيعي مذاب

Discovery well	بئر استكشافي
Drill Pipes	مواسيير الحفر
Drilling Coat	كلفة الحفر
Drilling fluid	سائل الحفر
Drilling mud	طفلة الحفر
Drilling Site	موقع الحفر
Gasdrive System	نظام دفع الغاز
Gasint uction	حقن الغاز
Gas - Oil Level	مستوى غاز - بترول
Gas Well	بئر غازي
Gaseous State	الحالة الغازية
Guide Cassing	مساور التغليف الدليلية
Hammer	مطرقة
Hammer Lock	مكان تثبيت المطرقة
Heating Element	عنصر التسخين
Horizontal	أفقي
Hose mud	خرطوم الطفلة
Hyd ration	اماھة
Hook	الخطاف
Ideal Gas	غاز مثالي
Offshore drilling platform	منصة الحفر البحري

Oil Chamber	حبرة النفط
Oil reservoir	مكمن نفطي
Oil Pump	مضخة الزيت
Draw Work	جهاز الرفع
Drill Ooloes	أعمدة الحفر
Dry gas	غاز جاف
Effective Porosity	مسامية فعالة
Elevator	لاقط المواسير
Emulsion	مستحلب
Equilibrium Constant	ثابت التوازن
Exploratory drilling	حفر تنقيبي
Exploitation	استثمار
Exploition Well	بئر انتاجي
Estimation Of gas reserves	تقدير احتياطي الغاز
Exterior Pressure	الضغط الخارجي
Fault	فالق
Flesh analses	تحليل تاماسي
Filtration	ترشيح
Flowing Well	بئر متدفقة
Farme	اطار
Free gas	غاز حر

Gasket	جوان لمنع التسرب
Gas Chamber	حجرة الغاز
Gas bloww - Out	اندفاع غازي
Gas cap	قبعة غازية
Inlet ralve	صمام الدخول
Induction Well	بئر الحقن
Iso - Par	متتساوي الفغط
Iso threm	متتساوي درجة الحرارة
Internal Pressure	الضغط الداخلي
Intermediate Cassing	مواسير التغليف الوسطية
Insulating Jacket	القميص العازل
Insulating	مادة عازلة
Jar	مطرقة هيدروليكيه
Jell	نقطة المهلام
Journal	مقعد (مسند)
Kelley hole	بيت القلم
Kinking Stress	جهد القلم
Latch	جهد الفتيل
Leakage	مزلاج لتشبييت الجهاز
Level Vial	تهريب
Leveling Scrwes	فقاعة التسوية

Level observation	براغي التسوية
Liquid Phase	مستوى المراقبة
Liner	الطور السائل
Limestone	المواسيير الضائعة
Lower valve lock	حجر كلي
Mercury	صمام الاغلاق السفلي
Measuring Barrel	رئيق أنبوب
Mobil drilling Plat form	أنبوب القياس
Mud Cake	منصة الحفر المتنقلة
Mud Filtration	كعكة الحفر
Mud Pumps	راشح سائل الحفر
Mud Weight	مضخات الطفلة
Normal oil level	جهاز وزن الطفلة
Moncorresive	المستوى الطبيعي للزيت
Off shore drilling Plat form	غير قابلة للتآكل
Timing Clock	ساعة ميكاتية
Travelling block	البكرات المتحركة
Trap	مصيدة
Tubbing	مواسير الانتاج
Tubbing Spiral	أنبوب لولبي
Trip magnet	آلية مغناطيسية

Turbo - drilling	الحفر التوربيني
Upper Valve	الصمام العلوي
Upper Transfer head	رأس النقل العلوي
Vertical	عمودي
Vise Osity	اللزوجة
Viscos meter	جهاز قياس اللزوجة
Rocking Motor	محرك أرجحة ذراع الخلية
Rupture Pin	مسمار قطع الصلة
Roter	طاحون الحفر
Rotary drilling	رمل
Sand	حفر دوراني
Sand Lens	عدسة رملية
Samble barrel	اسطوانة العينة
Sample chamber	حجرة العينة
Sealcoat	طبقة عازلية
Screen	جاجز
Seal	مانع التسرب
Skinffect	الظاهرة السطحية
Solenoid	ملف كهربائي
Steel ball	كرة فولاذية
Side Wellcore	عينة صخرية من جانب البئر

Shaking Screen	المناخل الهزازة
Safety Joint	وصلة الأمان
Stablizers	الممكزات
	صمام ابري مستقيم ثنائي الاتجاه
Stretching Corrss needl Valve	
Stretching Stress	جهد الشد
Surface Cassing	مواسير تغليف المرحلة السطحية
Swivel	الرأس الهيدروليكي
Shield	غطاء من البلاستيك المقوى للحوض
Saturation Pressure	ضغط الاشباع
Specfic gravity	الوزن النوعي
Surfacedislocation	حت سطحي
Tanker	ناقلة نفط
Tester	جهاز اختبار
Thermocouple	مزدوجة حرارية
Thermometer	ميزان حرارة
One angleneedle Valve	صمام ابري زاوي وحيد الاتجاه
Operating instruction	معلومات تشغيل
Out Let Valve	صمام الخروج
Pay Zone	منطقة منتجة للنفط
Permeability	النفوذية

Pipeline	خط الأنابيب
Physical Properties	الصفات الفيزيائية
Pivot	موضع ارتكاز الجهاز
Piston	المكبس
Porosity	المسامية
P . V. T	ضغط ، حجم ، حرارة
Plunger	مكبس
Pressure g a g e	مقاييس الضغط
Pressure housing	حجرة الضغط
Pressure - Volum Curves	منحنيات الضغط
Production	انتاج
Producting Gassing	مواسير تغليف المرحلة الانتاجية
Pseudo - Cretical Pressure	الضغط الحر ج الظاهري
Pump motor	محرك المضخة
Reduced Pressure	الضغط المصغر
Reference Pressure	ضغط الارجاع
Reference Pressure	مستوى الارجاع المقارنة
Raemer	الكاشط
Relative	نسبة
Reserve mudpits	خزانات الاحتياطية
Residual Oil	النفط الميت

Replacement	احـلـال
Rock ment	طبقة صخرية
Visual oell	خلية مرئية
Water washing	الفسل بالماء
Water inJuction	حقن الماء
Water drive System	نظام دفع الماء
Well Com Plation	انجاز البئر
Well head	فوهة البئر
Well inter fenece	تدخل الآبار
Well Location	موقع البئر
Well Spacing	المسافة بين الآبار
Well Size	انتاج البئر
Work ability	صلاحية الاستثمار
Work Over Operation	عملية اصلاحية البئر
Yeld	نقطة الخصوع
Zone	نطـاق

المصادر العلمية

- 1) Amyx T.W, Petroleum Reservoir Engineering
Mc Graw - Hill Co. Inc .,
Newyork, Toronto , London 1960
- 2) Craig F. Forrest , the Reservoir Engineering Aspects
Of Wafer flooling
Newyork - Dallas - 1971
- 3) Eilerts C. and Others , Phase Relations of Gas -
Condensate Fluids .

٤ - جورج عبد الأحد

التحديد المخبري لصفات السائل الطبقي وتمثيل عمليات انتساح

• النفط

بحث علمي - زغرب ١٩٨٥

- 5) Standing M. B., Volometric and phase Behavior of Oil
field Hydrocarbon Systems
Dallas - 1977
- 6) General Descript and Operating Procedures of Ruska
Equipments , Operator's Manual .

Ruska - Laboratory Equipment Corporation Houston

- 7) General Description and Operating Procedure's Manual
Corexport, Dallas .

الفهرس

مقدمة

الفصل الأول

وصف الأجهزة ومعاييرتها

١	.....	١ - جهاز أخذ العينات الباطنية
٤	.....	٢ - اسطوانات العينات
٥	.....	٣ - المضخة
٥	.....	٣ - ١ - جزء المضخة
١١	.....	٤ - نتائج المعايرة
١٨	.....	٥ - تشغيل الحوض
٢١	.....	٥ - ١ - التعبيير الحجمي لخلية الـ P.V.T.
٢١	.....	٥ - ١ - ١ - تعيين حجم خلية الـ P.V.T
٢٢	.....	٥ - ٢ - تحديد القيم التصحيحية الحجمية لخلية الـ P.V.T
		٥ - ٣ - ١ - تعيين التمدد الحراري لخلية الـ P.V.T. عند الضغط
٢٤	.....	الأعظمي
٢٥	.....	٥ - ٤ - نتائج المعايرة
٣١	٠٠٠٠	٦ - التعبيير الحجمي للنظام الهيدروليكي بالعلاقة مع الضغط
٣٨	.....	٧ - التعبيير الحجمي لأجهزة قياس حجم الغاز

٦٤	.....	٩ - جهاز قياس الزوجة عند الضغط العالي
٦٤	.....	٩ - ١ - معلومات التشغيل
٦٦	.....	٩ - ٢ - ملاحظات تتعلق بالتشغيل
٦٩	.....	٩ - ٣ - وصف الجهاز
٧٥	.....	٩ - ٤ - معايرة جهاز قياس الزوجة

الفصل الثاني

تحضير العينات النفطية لقياسات الد. P.V.T

٧٩	.....	١ - العينات الباطنية
		١ - ١ - نقل العينات الباطنية من جهاز أخذ العينات
٧٩	.....	إلى الاسطوانة المخبرية
٨٥	.....	١ - ٢ - نقل العينة إلى خلية الد. P.V.T
٨٨	.....	٢ - تركيب عينة من النفط والغاز المأخوذين من الفاصل ٠٠٠

الفصل الثالث

دراسة العينات الطبقية باستخدام آجهزة الـ P.V.T

بالطريقة التماسية والتفاضلية

٩٤	.....	١ - حساب وتوضيح النتائج
١٠١	.....	٢ - التحليل التماسي (تمثيل الفصل التماسي)
١٠٦	.....	٢ - الطريقة الحسابية لنتائج القياس
١١٦	.....	٢ - ١ - حساب عامل التمدد الحراري للنفط المشبع
		٢ - ٢ - اجراء قياسات الـ P.V.T عند درجة حرارة
١٠٩	.....	الطبقة (PV Run)
١١١	.....	٢ - ٣ - حسابات النفط الميت
١١٢	.....	٢ - ٤ - نتائج القياس
١٢٩	.....	٣ - التحليل التفاضلي (تمثيل الفصل التفاضلي)
١٣٢	.....	٣ - ١ - الطريقة الحسابية لنتائج القياس
		٣ - ١ - ١ - طريقة اجراء الحسابات لكل من حجم الغاز،
١٣٢	.....	عامل الغاز، درجة التشبع المتبقية

الفصل الرابع

- | | | |
|-----|-------|--|
| ١٥٦ | ..... | ١ - تعين لزوجة النفط الطبقي |
| | | ٢ - تعين معامل التمدد الحراري للنفط عند درجة |
| ١٦٠ | ..... | حرارة المخبر |
| ١٦٣ | ..... | ٣ - تعين عامل انتفاثية النفط الطبقي |



مطبعة دار الكتاب - دمشق

هاتف : ٢٢١٧٩٧٩

سعر البيع للطالب (٧٠) لس