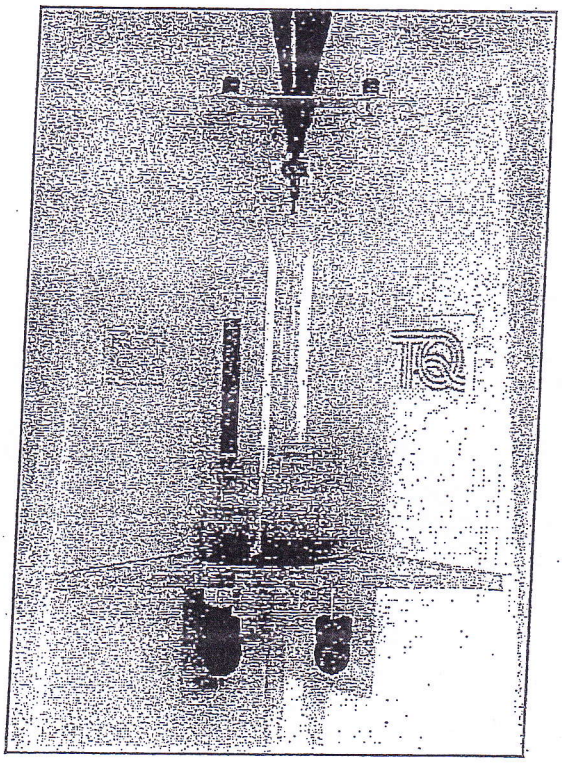
تجربة رقم
(6)

أنماط الجريان في الأنابيب

Flow Types in Pipes



تجربة رقم (6)

أنماط الجريان في الأنابيب

Flow Types in Pipes

✓ مقدمة

يُمكن تصنيف جريان أي مائع إلى صنفين.. الصنف الأول هو الجريان الصفائحي أو الطباقي (Laminar Flow)، ويكون فيه جريان السائل بشكل طبقات متراصّة، تنزلق كل طبقة منها على الطبقة المجاورة بهدوء وبدون تغير في العزم، حيث تقاوم قوة التلاصق بين الجزيئات أي ظاهرة لتعكيرها. أما الصنف الثاني فهو الجريان المضطرب (Turbulent Flow)، وتكون فيه حركة الجزيئات مضطربة ومشوشة نتيجة تصادمها مع بعضها. إن تغير حالة الجريان من الصفائحي إلى المضطرب لا يتم فجأة، وإنما بصورة تدريجية تُدعى بالمرحلة الانتقالية للجريان، أو الجريان الانتقالي (Transitional Flow).

✓ الغرض من التجربة

يتمثل الغرض من التجربة فيما يأتي:

1. حساب عدد رينولدز لجريان الماء داخل أنبوب، وتحديد نوع الجريان من خلال قيمة ذلك العدد.
2. مشاهدة شكل الجريان من خلال صبغة تحقن مع الماء، وذلك لمدى أعداد رينولدز تشمل أنواع الجريان.

✓ العلاقات النظرية

في سنة (1883) برهن أوزبورن رينولدز (Osborne Reynolds, 1842-1912) بالتجربة حالات الجريان في الأنابيب، ووجد أن النسبة بين قوى القصور الذاتي إلى قوى مقاومة اللزوجة على جزيئات أي سائل يمكن أن تكون معياراً لتصنيف حالات الجريان. وحصل على علاقة سُميت (نسبة إليه) بعدد رينولدز (Reynolds Number)، وهو عدد لا بعدي يُختصر بـ (Re)، ويمثل رياضياً للجريان داخل الأنابيب الدائرية بالعلاقة:

$$Re = \frac{Inertial\ Forces}{Viscous\ Forces} = \frac{\rho\, u^2 / D}{\mu\, u / D^2} = \frac{u\, D}{\nu}$$

حيث إن:

u : سرعة الجريان (Velocity, m/s)

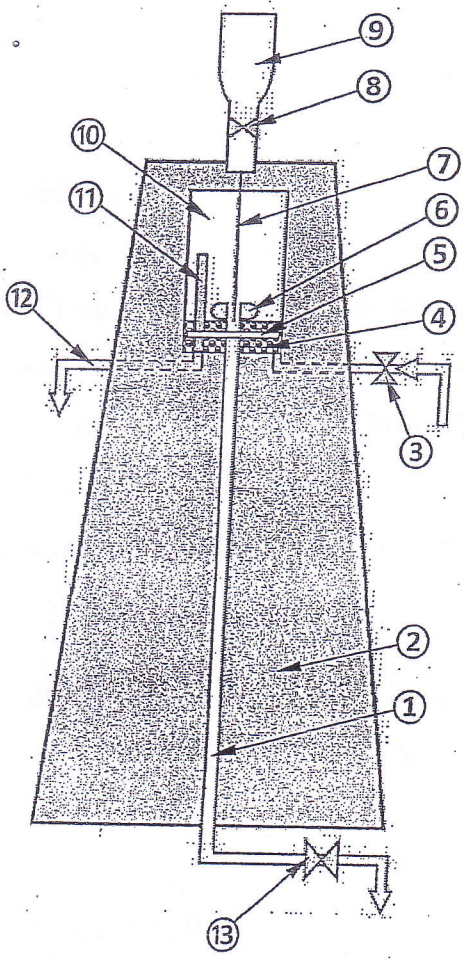
D : قطر الأنبوب (Diameter of pipe, m)

ν : اللزوجة الكينماتيكية (Kinematic viscosity, m^2/s)

ومن خلال هذه العلاقة يمكن تحديد نمط وحالة الجريان في الأنابيب حسب الآتي:

- الجريان الصفائحي: عندما يكون ($Re < 2300$)
- الجريان المضطرب: عندما يكون ($Re > 4000$)
- الجريان الانتقالي: عندما يكون ($2300 < Re < 4000$)

✓ وصف جهاز التجربة



يتألف جهاز التجربة الموضح في الشكل من أنبوب زجاجي دائري شفاف يمثل أنبوب الجريان [1]، مثبت بشكل عمودي على هيكل الجهاز [2] المصنع من مادة مقاومة للصدأ. ينتهي الأنبوب من الأعلى إلى داخل أسطوانة شفافة [10] تمثل خزان التجهيز، وتكون مثبتة على هيكل الجهاز. ترتبط الأسطوانة بأنبوبين، أحدهما لتجهيز الماء عبر صمام التجهيز [3]، والآخر لتصريف ماء الطفح [12] الذي يتصل بأنبوب موجود داخل الاسطوانة يُدعى أنبوب الطفح [11]، وظيفته ضمان إبقاء منسوب ومستوى الماء ثابتاً في خزان التجهيز.

يتم تصريف الماء (ثابت المنسوب) من خزان التجهيز عبر فتحة أنبوب الجريان، التي تكون بشكل الجرس [6] لضمان دخول الماء إلى الأنبوب بشكل انسيابي ومنتظم.

ولغرض تخميد الماء المجهز إلى الخزان، فقد تم وضع قرص نحيف أسفل فتحة الجرس يُدعى الناشر [5] إضافة إلى كمية من الكرات الزجاجية [4]. تضمن هذه الآلية عدم دخول الماء بشكل مضطرب ومتناثر إلى الخزان من جهة، والحصول على جريان منتظم ومستقر عند فتحة الجرس من جهة أخرى. ينتهي أنبوب الجريان من الأسفل بصمام التصريف [13]، يمكن من خلاله التحكم بمعدل الجريان.

ولغرض ملاحظة ومشاهدة تصرف الجريان، فقد تم تثبيت خزان صغير في أعلى هيكل الجهاز يمثل خزان الصبغة [9]، يتم من خلاله حقن الصبغة أثناء الجريان إلى داخل الأنبوب الزجاجي عند مركز فتحة الجرس، عبر أنبوبة بقطر صغير جداً تُدعى حاقن الصبغة [7]، ويمكن التحكم بآلية الحقن عبر صمام الحقن [8].

ويتألف جهاز أنماط الجريان من الأجزاء الآتية:

1. أنبوب الجريان	2. هيكل الجهاز	3. صمام أنبوب التجهيز	4. كرات التخميد الزجاجية
5. القرص الناشر	6. الجرس	7. الحاقن	8. صمام التحكم بالحقن
9. خزان الصبغة	10. خزان التجهيز	11. أنبوب الطفح	12. تصريف ماء الطفح
13. صمام التصريف			

الخطوات العملية

1. يتم تزويد خزان التجهيز بالماء حتى يصل إلى مستوى ارتفاع أنبوب الطفح، حينها يُنظم صمام التجهيز لغرض الحصول على أقل تصريف ثابت من أنبوب الطفح، أي الحصول على مستوى ثابت للماء في خزان التجهيز.
2. يُفتح صمام التصريف قليلاً للحصول على معدل جريان قليل نسبياً في الأنبوب.
3. يُحسب معدل التصريف الحجمي، بتجميع ماء التصريف في وعاء مدرّج وحساب الزمن المستغرق لجمع حجم منه.
4. يتم حقن الصبغة إلى أنبوب الجريان، وتتم ملاحظة سلوك وشكل الجريان من خلالها.
5. تتم زيادة معدل الجريان تدريجياً من خلال صمام التصريف. وفي كل زيادة يتم حساب معدل التصريف وحقن الصبغة وملاحظة سلوك الجريان.
6. تُقاس درجة حرارة الماء لغرض معرفة قيمة اللزوجة الكينماتيكية له.

✓ الحسابات

1. يُحسب معدل التدفق الحجمي للماء (Q) من العلاقة:

$$Q = Vol./t \quad , \quad (m^3/s)$$

حيث إن:

$Vol.$ = حجم الماء المجمّع (m^3) ; t = الزمن المستغرق (sec)

2. تُحسب سرعة الجريان (u) من العلاقة:

$$u = Q/A \quad , \quad (m/s)$$

حيث إن:

A: مساحة مقطع أنبوب الجريان: $A = \pi D^2/4$, (m^2) ; D: قطر الأنبوب = 19 mm

3. يُحسب عدد رينولدز (Re) من العلاقة:

$$Re = \frac{u\,D}{\nu}$$

يتم تحديد قيمة اللزوجة الكينماتيكية (ν) للماء بعد معرفة درجة حرارته (وقت إجراء التجربة) من الجدول الآتي:

Properties of Water

Temperature K	Temperature °C	ρ (kg/m³)	c_p (J/kg K)	k (W/m K)	ν (m²/s)	Pr
273.16	0.01	999.8	4220	0.5610	17.91×10^{-7}	13.47
275	2	999.9	4214	0.5645	16.82×10^{-7}	12.55
280	7	999.9	4201	0.5740	14.34×10^{-7}	10.63
285	12	999.5	4193	0.5835	12.40×10^{-7}	8.91
290	17	998.8	4187	0.5927	10.85×10^{-7}	7.66
295	22	997.8	4183	0.6017	9.600×10^{-7}	6.66
300	27	996.5	4181	0.6103	8.568×10^{-7}	5.85
305	32	995.0	4180	0.6184	7.708×10^{-7}	5.18
310	37	993.3	4179	0.6260	6.982×10^{-7}	4.63

✓ القراءات والنتائج:

يتم إدراج القراءات العملية للتجربة حسب الجدول أدناه:

جدول القراءات

نوع الجريان حسب المشاهدة	الزمن المستغرق	حجم الماء المجمع	رقم القراءة
	t (sec)	$Vol.$ (m³)	Test No.

أما النتائج فتدرج حسب الجدول المبين أدناه:

جدول النتائج

نوع الجريان حسب المشاهدة العملية	نوع الجريان حسب عدد رينولدز	عدد رينولدز	سرعة الجريان	معدل التصريف الحجمي	رقم القراءة
		Re	u (m/sec)	Q (m³/sec)	Test No.

✓ مناقشة النتائج

1. تُرسم العلاقة بين عدد رينولدز (Re) وسرعة الجريان (u).
2. في حال عدم تطابق وصف نوع الجريان أثناء المشاهدة مع نوعه الفعلي اعتماداً على عدد رينولدز المحسوب. ما هي أسباب الاختلاف ؟