

آزمایش جریان درون یک اوریفیس (Flow Through an Orifice)

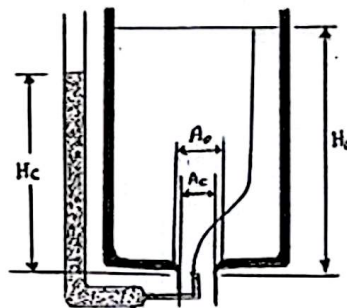
هدف آزمایش

هدف از این آزمایش مشاهده چگونگی تخلیه مایعات از یک سوراخ مدور^۱ و تعیین ضرایب تخلیه، سرعت و سطح جریان در ارتفاع معین و همچنین به دست آوردن رابطه‌ای بین این ضرایب می‌باشد. یکی دیگر از اهداف آزمایش اندازه‌گیری زمان تخلیه تجربی و مقایسه آن با زمان تئوری بر حسب ارتفاعات مختلف است.

تئوری آزمایش

وقتی سیالی از میان یک دهانه لبه تیز عبور می‌کند دبی واقعی آن کمتر از دبی به دست آمده از روابط تئوری می‌باشد و این اختلاف نه تنها به واسطه افت انرژی بلکه بیش‌تر به خاطر انقباض سطح مقطع جریان می‌باشد. به کم‌ترین مقطع جریان، مقطع فشرده^۲ می‌گویند. در شکل (۱) اساس عبور جریان از یک سوراخ نشان داده شده است. اگر ارتفاع آب مخزن در مقطع فشرده باشد، با نوشتن رابطه برنولی بین دو نقطه در سطح آزاد و مقطع فشرده می‌توان سرعت ایده‌آل خروجی آب را از معادله (۱) به دست آورد.

$$V_0 = \sqrt{2gH_0} \quad \text{معادله (۱)}$$



شکل ۱- عبور آب از یک سوراخ مدور

اگر به کمک لوله پیتوت هد کلی جریان در مقطع فشرده H_c باشد در این صورت سرعت واقعی خروجی آب از رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$V_c = \sqrt{2gH_c} \quad \text{معادله (۲)}$$

طبق تعریف نسبت سرعت واقعی به سرعت ایده‌آل را ضریب سرعت نامیده و با C_v نشان می‌دهند.

^۱ Orifice

^۲ Vena Contracta

$$C_v = \frac{V_c}{V_0} = \sqrt{\frac{H_c}{H_0}}$$

معادله (۳)

همچنین طبق تعریف نسبت سطح مقطع فشرده جریان به سطح مقطع سوراخ را ضریب سطح نامیده و با C_c نشان می‌دهند.

$$C_c = \frac{A_c}{A_0} = \frac{D_c^2}{D_0^2}$$

معادله (۴)

با توجه به تعاریف فوق می‌توان دریافت که دبی حجمی واقعی (Q_e) کم‌تر از مقدار تئوری (Q_t) می‌باشد. نسبت دبی واقعی به دبی تئوری را ضریب تخلیه نامیده و با C_d نشان می‌دهند.

$$C_d = \frac{Q_e}{Q_t} = \frac{V_c A_c}{V_0 A_0}$$

معادله (۵)

واضح است که:

$$C_d = C_c C_v$$

معادله (الف-۵)

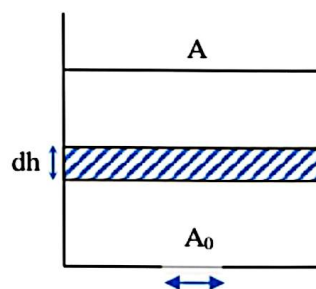
برای تعیین زمان لازم برای تخلیه مقدار معینی مایع از سوراخ یک مخزن به صورت تئوری، شکل (۲) را در نظر بگیرید. فرض می‌کنیم که در لحظه t ارتفاع آب h باشد و بعد از dt ثانیه از ارتفاع آب به اندازه dh کاسته شود. اگر A سطح مقطع مخزن باشد، با نوشتن رابطه اصل بقای جرم برای المانی از حجم مخزن و سپس انتگرال‌گیری در تمام حجم مخزن می‌توان رابطه‌ای جهت تعیین زمان تخلیه به دست آورد.

$$A dh = A_0 \sqrt{2gh} dt$$

معادله (۶)

$$t = \frac{2A}{A_0 \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})$$

معادله (۷)

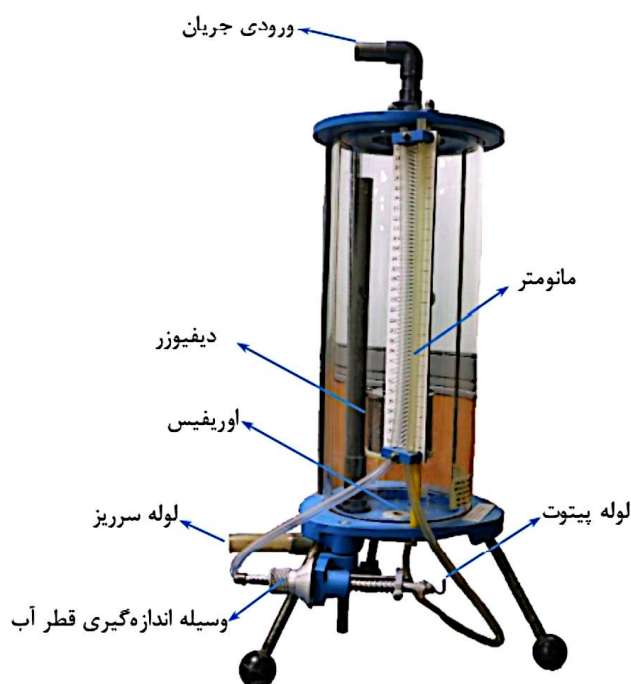


شکل ۲- المان‌گیری برای به دست آوردن زمان تخلیه تئوری

لازم به ذکر است H_1 و H_2 ارتفاع اولیه و ثانویه سطح آب می‌باشند.

شرح دستگاه و روش آزمایش

دستگاه آزمایش مطابق شکل (۳) از یک مخزن استوانه‌ای شفاف با دو مانومتر یکی برای تعیین H_0 و دیگری لوله پیتوت برای تعیین H_c تشکیل شده است. جهت جلوگیری از تلاطم آب در محل ورودی آب به مخزن یک دیفیوزر قرار داده شده است. به منظور تثبیت ارتفاع آب نیز یک لوله سرریز جهت تخلیه آب اضافی، در مخزن قرار داده شده است.



شکل ۳- دستگاه مورد آزمایش

سوراه مورد آزمایشی که در زیر مخزن قرار دارد مشخصات آن در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات دستگاه آزمایش اوریفیس

قطر مخزن (mm)	قطر اوریفیس (mm)
D=150	D ₀ =13

این آزمایش به ترتیب در سه مرحله انجام می‌شود:

۱. اندازه‌گیری ضرایب C_c ، C_v و C_d در ارتفاع ثابت آب
۲. اندازه‌گیری ضریب تخلیه (C_d) در ارتفاعات مختلف
۳. اندازه‌گیری تجربی زمان تخلیه آب از مخزن در ارتفاعات مختلف و مقایسه آن با مقادیر تئوری

داره های آب رسانی جریان درون تک اوریفیس

ارتفاع مخزن آب H_o cm	ارتفاع جریان نشسته H_c cm	دبی واقعی $Q_e \frac{m^3}{s}$	قطر متناهی نشسته D_c (mm)
۱) ۲۲	۲۰	۰.۰۰۴	۱۱
۲) ۲۲	۱۸	۰.۰۰۸	۱۰
۳) ۲۲	۱۶	۰.۰۰۷	۹
۴) ۲۲	۱۴	۰.۰۰۶	۹

داره های لوله ۱

$$D_o = 14 \text{ mm}$$

$$D = 15.0 \text{ mm}$$

$$C_v = \frac{V_c}{V_o}$$

$$H_o = 22 \times 10^{-2} \text{ m} \quad Q_e = 0.004 \frac{m^3}{s}$$

$$H_c = 20 \times 10^{-2} \text{ m} \quad D_c = 11 \times 10^{-3} \text{ m}$$

حل ریه مخزن مکمل

$$V_c = \sqrt{2gH_c} \rightarrow V_c = \sqrt{2 \times 9.81 \times 20 \times 10^{-2}} = 2 \frac{m}{s}$$

$$V_o = \sqrt{2gH_o} \rightarrow V_o = \sqrt{2 \times 9.81 \times 22 \times 10^{-2}} = 2.09 \frac{m}{s}$$

$$C_v = \frac{V_c}{V_o} = \frac{2}{2.09} = 0.95$$

$$C_c = \frac{A_c}{A_o} = \frac{D_c^2}{D_o^2} = \frac{11^2 \times 10^{-4}}{15^2 \times 10^{-4}} = 0.54$$

$$C_d = \frac{Q_e}{Q_t} = \frac{V_c A_c}{V_o A_o} = \frac{2 \times 94.9 \times 10^{-4}}{2.09 \times 142.4 \times 10^{-4}} = 0.64$$

$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4} = \frac{\pi \times 15^2 \times 10^{-4}}{4} = 176.6 \times 10^{-4}$$

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} = \frac{\pi \times 11^2 \times 10^{-4}}{4} = 94.9 \times 10^{-4}$$

برای معادله ۲ حل شود

داره های لوله ۲ اندازه گیری C_d در ارتفاعات مختلف

H_o (cm)	H_c (cm)
۱) ۲۵	۲۱
۲) ۲۳	۱۹
۳) ۲۰	۱۷

$$C_d = \frac{Q_e}{Q_t} = \frac{V_c A_c}{V_o A_o}$$

$$A_o = 176.6 \times 10^{-4}$$

$$A_c = 94.9 \times 10^{-4}$$

$$V_c = \sqrt{2gH_c} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 21 \times 10^{-2}} = 2.05 \frac{m}{s}$$

$$V_o = \sqrt{2gH_o} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 25 \times 10^{-2}} = 2.23 \frac{m}{s}$$

$$C_d = \frac{2.05 \times 94.9 \times 10^{-4}}{2.23 \times 176.6 \times 10^{-4}} = 0.52$$

برای معادله ۲ حل شود

۵

مورد سوم) اندازه گیری تجربی زمان تخلیه - از مخزن در ارتفاعات مختلف و معایب یا تنوری

	$H_1 (mm)$	$H_2 (mm)$	$t (s)$ تجربی به دست آمده از آزمایش
۱)	۴۴	۲۰	۲۷ (s)
۲)	۲۴	۲۲	۲۴ (s)
۳)	۲۰	۱۸	۱۹ (s)
۴)	۲۵	۲۲	۳۱ (s)

$$t = \frac{2A}{A_0 \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (1.4 \times 10^{-2})^2}{4} = 1.54 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = 1.54 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_0 = 1.32 \times 10^{-4} m^2$$

نمونه حل:

$$t = \frac{2 \times 1.54 \times 10^{-4}}{1.32 \times 10^{-4} \sqrt{2 \times 10}} (\sqrt{24} - \sqrt{20}) = 20.14 s$$

$$t = 20.14 s$$

مقدار تنوری بدست آمده $t = 20.14 s$ و عملی که از نتایج تجربی در دسترس است.

برای موارد ۲ تا ۴ حل شود.