



دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

آزمایشگاه مکانیک سیالات

## افت موضعی

ساعت: ۲ بعدازظهر

اعضای گروه:

مسعود یادگاری

وحید زارعی

ساسان نبی زاده

محسن یارمحمدی

### ۱- هدف:

محاسبه ضریب افت موضعی به روش آزمایشگاهی و مقایسه آن با ضریب افت موضعی موجود در مراجع و توضیح دلایل اختلاف این دو

### ۲- فهرست علائم:

$Rey$	رینولدز، بی بعد
$h_f(mH_2O)$	افت ناشی از اصطکاک، متر آب
$v(m/s)$	سرعت متوسط جریان در لوله، متر بر ثانیه
$d(m)$	قطر لوله، متر
$g(m/s^2)$	شتاب ثقل، متر بر مجذور ثانیه
$\rho(kg/m^3)$	چگالی، کیلوگرم بر متر مکعب
$\mu(Pa.s)$	ویسکوزیته، پاسکال در ثانیه
$V(m^3)$	حجم، متر مکعب
$Q(m^3/s)$	دبی، متر مکعب بر ثانیه
$A(m^2)$	سطح مقطع لوله، متر مربع
$k$	ضریب افت موضعی، بی بعد
$t(s)$	زمان، ثانیه
$h_{lf}(mH_2O)$	افت معادل ناشی از اصطکاک اتصال، متر آب
$l_e(m)$	طول معادل اتصال، متر
$f$	ضریب اصطکاک، بی بعد

### ۳- کمیت های مستقل قطعی:

قطر لوله - شتاب ثقل - چگالی - ویسکوزیته

### ۴- کمیت های مستقل اندازه گیری:

زمان با خطای اندازه گیری  $\pm 0.005 s$

حجم با خطای اندازه گیری  $\pm 0.5 lit$

ارتفاع مانومتر با خطای اندازه گیری  $\pm 0.5 mmH_2O$  ,  $\pm 0.5 mmHg$

### ۵- روابط و کمیت های وابسته محاسباتی:

$$Q = \frac{V}{t} \rightarrow \delta Q = \left| \frac{\partial Q}{\partial V} \right| \delta V + \left| \frac{\partial Q}{\partial t} \right| \delta t \rightarrow \delta Q = \left( \frac{1}{t} \right) \delta V + \left( \frac{V}{t^2} \right) \delta t$$

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow \delta v = \left( \frac{\partial v}{\partial Q} \right) \delta Q \rightarrow \delta v = \left( \frac{1}{A} \right) \delta Q$$

$$Rey = \frac{\rho v D}{\mu} \rightarrow \delta Rey = \left( \frac{\rho D}{\mu} \right) \delta v$$

$$h_f = h_1 - h_2 \rightarrow \delta h_f = \delta h_1 - \delta h_2$$

$$h_f = k \frac{v^2}{2g} \rightarrow k = \frac{2gh_f}{v^2} \rightarrow \delta k = \left| \frac{\partial k}{\partial h_f} \right| \delta h_f + \left| \frac{\partial k}{\partial v} \right| \delta v \rightarrow$$

$$\delta k = \frac{1}{2g} \left\{ \left( \frac{1}{v^2} \right) \delta h_f + \left( \frac{2h_f}{v^3} \right) \delta v \right\}$$

## ۶- جداول:

جدول ۱-۵ شرایط فیزیکی آزمایشگاه

Pressure(mmHg)	Temperature(°C)
664.4	20

جدول ۲-۵ داده بدست آمده در آزمایش افت برای اتصال کاسه ای و زانویی

$t(s)$	$V(lit)$	اتصال زانویی		اتصال کاسه ای	
		ارتفاع مانومتر چپ ( $mmH_2O$ )	ارتفاع مانومتر راست ( $mmH_2O$ )	ارتفاع مانومتر چپ ( $mmHg$ )	ارتفاع مانومتر راست ( $mmHg$ )
		$20.37 \pm 0.005$	$10 \pm 0.5$	$468 \pm 0.5$	$50 \pm 0.5$
$20.31 \pm 0.005$	$10 \pm 0.5$	$466 \pm 0.5$	$52 \pm 0.5$	$207 \pm 0.5$	$361 \pm 0.5$
$20 \pm 0.005$	$10 \pm 0.5$	$465 \pm 0.5$	$53 \pm 0.5$	$218 \pm 0.5$	$371 \pm 0.5$
$29.59 \pm 0.005$	$3 \pm 0.5$	$262 \pm 0.5$	$250 \pm 0.5$	$853 \pm 0.5$	$933 \pm 0.5$

جدول ۳-۵ داده بدست آمده در آزمایش افت برای اتصال صافی و کشویی

$t(s)$	$V(lit)$	اتصال کشویی		اتصال صافی	
		ارتفاع مانومتر چپ ( $mmH_2O$ )	ارتفاع مانومتر راست ( $mmH_2O$ )	ارتفاع مانومتر چپ ( $mmHg$ )	ارتفاع مانومتر راست ( $mmHg$ )
		$8.18 \pm 0.005$	$5 \pm 0.5$	$356 \pm 0.5$	$162 \pm 0.5$
$11.56 \pm 0.005$	$5 \pm 0.5$	$315 \pm 0.5$	$203 \pm 0.5$	$515 \pm 0.5$	$796 \pm 0.5$
$13.9 \pm 0.005$	$5 \pm 0.5$	$297 \pm 0.5$	$220 \pm 0.5$	$550 \pm 0.5$	$787 \pm 0.5$
$30.03 \pm 0.005$	$5 \pm 0.5$	$275 \pm 0.5$	$243 \pm 0.5$	$600 \pm 0.5$	$773 \pm 0.5$

از جداول برای دمای آزمایش داریم:

$$\rho = 998.2 \frac{kg}{m^3}, \quad \mu = 1.005 * 10^{-3} \frac{N \cdot s}{m^2}$$

و قطر لوله ی آزمایش:

$$d = 17.6 \text{ mm}$$

جدول ۴-۵ دبی، سرعت، عدد رینولدز و ضریب افت موضعی برای اتصال کاسه ای و زانویی

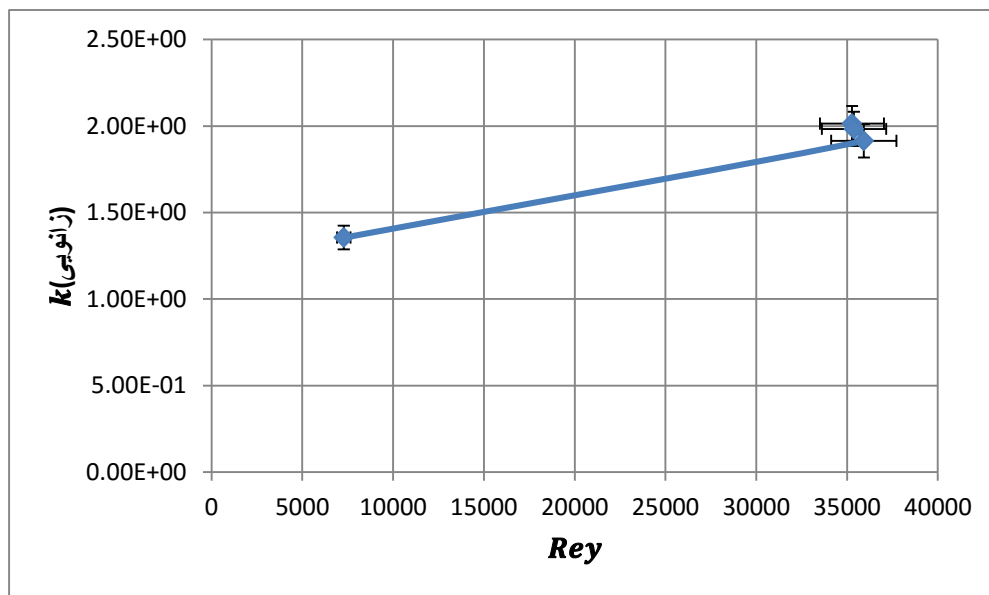
$Q(m^3/s)$	$v(m/s)$	$Rey$	$k$ (زانویی)	$k$ (کاسه ای)
0.000491	2.02E+00	35274.26	2.01E+00	12.1
$\pm 0.0000246$	$\pm 0.101$	$\pm 1772.371$	$\pm 0.205$	$\pm 1.22$
0.000492	2.02E+00	35378.47	1.98E+00	10.0
$\pm 0.0000247$	$\pm 0.102$	$\pm 1777.633$	$\pm 0.202$	$\pm 1.01$
0.0005	2.06E+00	35926.83	1.91E+00	9.67
$\pm 0.0000251$	$\pm 0.103$	$\pm 1805.323$	$\pm 0.195$	$\pm 0.974$
0.000101	4.17E-	7284.928	1.36E+00	123
$\pm 0.0000169$	$01 \pm 0.0695$	$\pm 1215.386$	$\pm 0.509$	$\pm 4.11$

جدول ۵-۵ دبی، سرعت، عدد رینولدز و ضریب افت موضعی برای اتصال صافی و کشویی

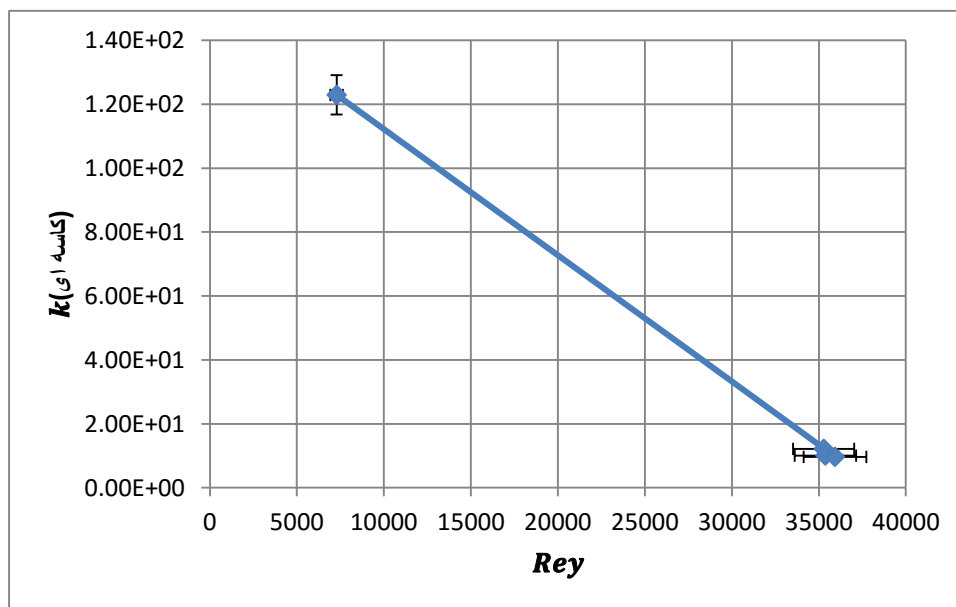
$Q(m^3/s)$	$v(m/s)$	$Rey$	$k$ (کشویی)	$k$ (صافی)
0.000611	2.51E+00	43920.34	6.03E-01	13.4
$\pm 0.0000614$	$\pm 0.253$	$\pm 4418.88$	$\pm 0.123$	$\pm 2.71$
0.000433	1.78E+00	31078.58	6.95E-01	23.7
$\pm 0.0000434$	$\pm 0.179$	$\pm 3121.3$	$\pm 0.143$	$\pm 4.77$
0.00036	1.48E+00	25846.64	6.91E-01	28.9
$\pm 0.0000361$	$\pm 0.148$	$\pm 2593.962$	$\pm 0.143$	$\pm 5.81$
0.000167	6.84E-01	11963.65	1.34E+00	98.6
$\pm 0.0000166$	$\pm 0.0686$	$\pm 1198.357$	$\pm 0.289$	$\pm 1.98$

## ۷- نمودارها:

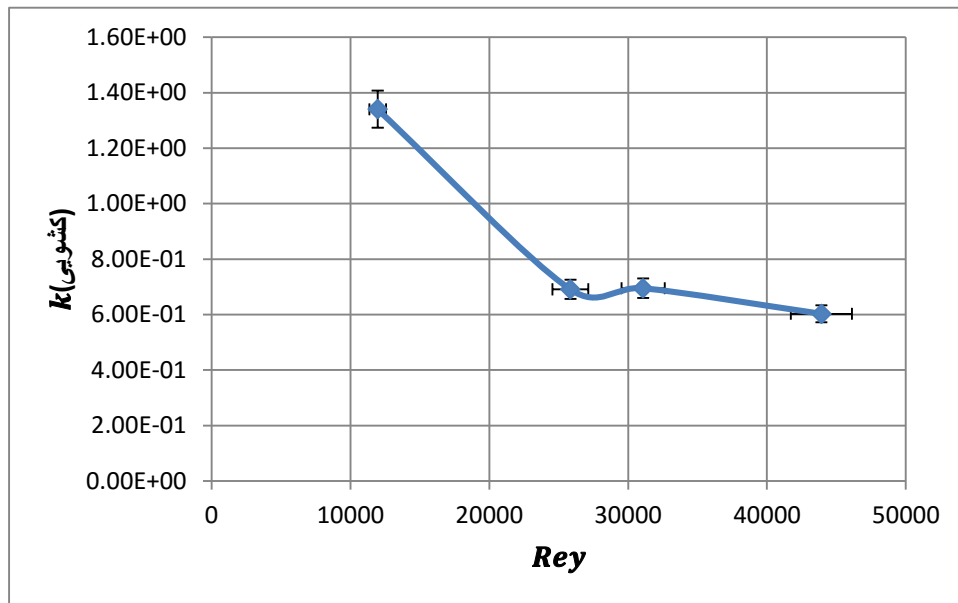
نمودار ضریب افت موضعی - عدد رینولدز برای چهار اتصال کاسه ای، زانویی، صافی و کشویی:



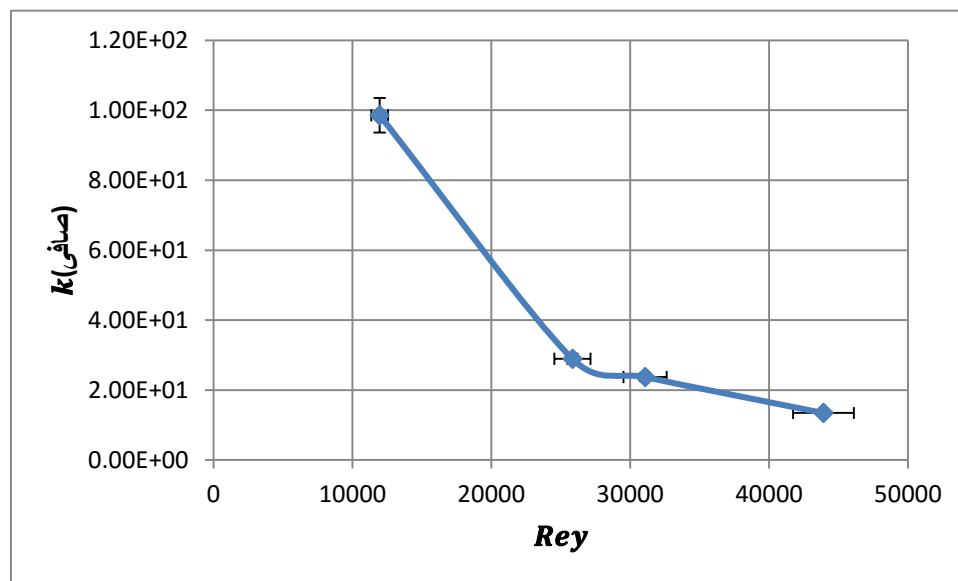
نمودار ۱-۵ ضریب افت موضعی - عدد رینولدز برای اتصال زانویی



نمودار ۲-۵ ضریب افت موضعی - عدد رینولدز برای اتصال کاسه ای



نمودار ۳-۵ ضریب افت موضعی - عدد رینولدز برای اتصال کشویی



نمودار ۴-۵ ضریب افت موضعی - عدد رینولدز برای اتصال صافی

## ۸- منابع خطای آزمایش:

الف) در هنگام آزمایش دستگاه خراب شد و پس از وقفه ای نسبتاً طولانی در حالی که مشکل آنچنان که باید رفع نشده بود ادامه آزمایش پیگیری شد و داده ها به هیچ وجه با دقت کافی بدست نیامد. پیشنهاد ما هم برای تکرار آزمایش از طرف مسئول آزمایشگاه رد شد؛

ب) به دلیل خرابی دستگاه و اینکه اتصالات منتهی به مانومترها شدیداً دچار نشتی بودند، ارتفاع مانومترها ثابت نمی شدند و در موقع یادداشت هم با سرعت کمی تغییر میکردند؛

ج) چون دستگاه اندازه گیری حجم کالیبره نمیگردد، ممکن است مقدار حجم اندازه گرفته شده دقیق نباشد؛

د) مانند همه ی آزمایش ها خطای انسانی در اندازه گیری حجم و زمان، در نتیجه مؤثر است؛

ه) در خود اتصالات علاوه بر افت موضعی به دلیل هندسه ی اتصال، افت ناشی از کهنگی (زبری) وجود دارد که باعث خطا در مقایسه ی اتصالات با هم و همچنین اختلاف بین مقادیر بدست آمده و مقادیر جدول میگردد؛

و) در بالای سطح جیوه در مانومتر جیوه ای ذراتی معلق بودند که باعث میشد ارتفاع دقیق جیوه قابل تشخیص نباشد.

## ۸- نتیجه گیری:

برای اتصالات طول معادلی در کتب مرجع وجود دارد و از طریق آن افت اتصالات مانند افت یک لوله با این طول معادل حساب می شود که رابطه ی آن چنین است:

$$h_{lf} = f \frac{l_e v^2}{d 2}$$

هر چه سرعت بیشتر باشد و جریان متلاطم تر گردد با توجه به اینکه زبری ثابت است، ضریب اصطکاک معادل برای اتصال کم میشود. (نمودار مودی) چون طول معادل تغییر نمیکند پس افت کم میشود و این یعنی با افزایش عدد رینولدز، ضریب افت موضعی کاهش پیدا میکند.

با توجه به نمودارها برای اتصالات کاسه ای، کشویی و صافی (نمودارهای ۲-۵، ۳-۵ و ۴-۵) این تغییرات به همین نوع میباشد.

مورد دیگر اینکه در مقایسه ی شیرها با هم می بینیم که ضریب افت در شیر کاسه ای و صافی بیشتر از دو اتصال دیگر است. این به دلیل هندسه ی خاص این شیرهاست. در این شیرها جریان های ثانویه (گردابه ای) تشکیل میشود که به دلیل قانون بقای انرژی، متوقف نمی شوند و دائما برای ادامه ی گردش از جریان اصلی انرژی میگیرند و این دلیل زیاد بودن ضریب افت در این نوع اتصالات است.

همچنین شیر کشویی به دلیل اینکه در حالت باز کمترین تغییر حالت را در جریان لوله ایجاد میکند، ضریب افت موضعی پایینی دارد.

در کل برای همه ی اتصالات مقادیر ضریب افت بدست آمده از آزمایش بیشتر از جداول مرجع بود که این به دلیل کهنگی، جرم گرفتگی و خطاهای زیادی است که در بخش قبل به توضیح آن پرداختیم.