بزرگترین و تنها سایت دانلود رایگان پروژه ها و مقالات دانشجویی www.prozhe.com

گزارش کار آزمایشگاه مکانیک سیالات

Mechanic of Fluids Laboratory Report

محمد رضا فارغیان

Mohammad Reza Fareghian

mrfareghian@yahoo.com

www.prozhe.com

www.prozhe.com پروژه دات کام

فهرست آزمایشها

۱ وسائل اندازه گیری دبی ۳

۲ اندازه گیری نیروی فشار هیدرواستاتیک ۱۴

۳ رینولدز ۱۸

۴ افت اصطکاک در لوله ۲۴

۵ پمپ ۳۰

۶ جت آب ۳۸

۷ سرریز ۴۶

۸ جریان یکنواخت در کانال باز ۴۹

۹ افت در سیستم لوله کشی ۵۳

۱۰ تحقیق در رابطه برنولی ۶۳

۱۱ تونل باد ۷۱

وسائل اندازه گیری دبی

هدف آزمایش : **آشنایی با روش های متداول اندازه گیری شدت جریان یا دبی در لوله ها**

تئوری آزمایش :

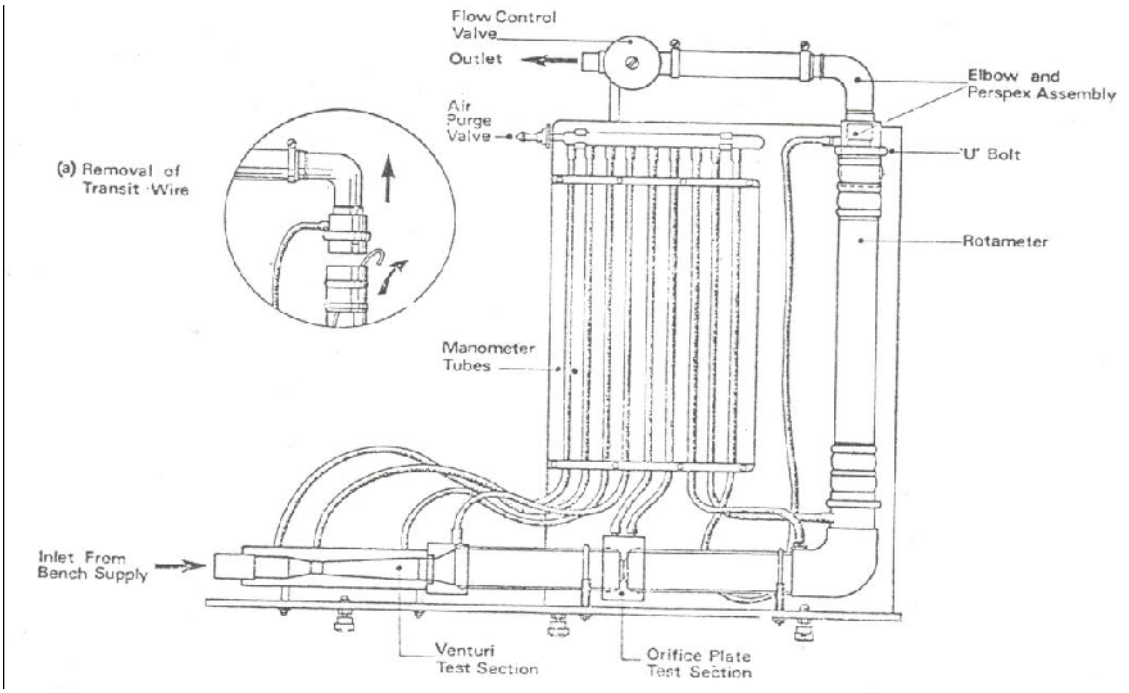
در دستگاه ها و سیستم های مختلف اعم ازباز و بسته که به نوعی با جریان سیال در ارتباط هستند، عموما" لازم است که میزان سیال عبوری از یک محل اندازه گیری شود. اندازه گیری میزان جریان آب، نفت و گاز در لوله ها یا کانال ها را می توان به عنوان نمونه های بارز برشمرد.

روش های متنوعی جهت اندازه گیری شدت جریان سیال یا دبی وجود دارد. شاید بتوان گفت که ساده ترین راه اندازه گیری دبی، سنجش حجم یا وزن سیال عبوری در مدت زمان مشخص است که روش اول را دبی سنجی حجمی و روش دوم را دبی سنجی وزنی می نامیم. در دبی سنج های حجمی و وزنی مدت زمان لازم برای پر شدن ظرفی با حجم یا وزن مشخص اندازه گیری می شود و با استفاده از روابط زیر میزان دبی محاسبه می شود:

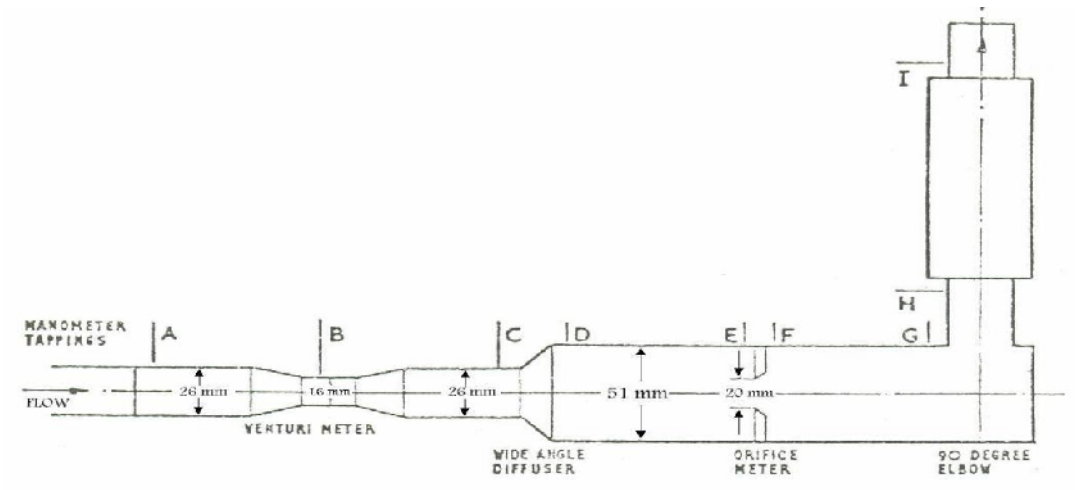
$$Q=\frac{w/\rho g}{t} \quad or \quad Q=\frac{V}{t} \quad (1)$$

در روابط فوق، t زمان پر شدن ظرف، V حجم سیال پرشده داخل ظرف، w وزن سیال پر شده داخل ظرف و ρ وزن مخصوص سیال و Q دبی جریان می باشد.

در این آزمایش با پنج وسیله مختلف اندازه گیری شدت جریان در لوله ها آشنا می شویم. این وسایل عبارتند از: ونتوری متر، پخش کننده (Diffuser) یا بازشدگی، روزنه (Orifice)، زانویی یا خم (Bend or Elbow)، و دوارسنج (Rotameter). در شکل(1) مشخصات وسیله آزمایشی به صورت شماتیک ارائه گردیده است.



شکل (۱)



جهت محاسبه دبی از چهار روش اول مذکور در فوق از حل هم زمان معادلات انرژی و پیوستگی استفاده می کنیم. اگر رابطه برنولی را با فرض عدم تلفات انرژی بین دو مقطع متوالی 1و2 بنویسیم (بعنوان مثال بین مقطع A و B در شکل (1) خواهیم داشت:

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2 \quad ۲$$

رابطه پیوستگی بین دو مقطع 1 و 2 نیز به صورت زیر می باشد:

$$Q=A_1V_1=A_2V_2 \quad ۳$$

با ترکیب دو رابطه (2) و (3) خواهیم داشت:

$$Q=\left[\frac{2gA_2^2}{1-(A_2/A_1)^2}(Z_1+\frac{p_1}{\gamma}-Z_2-\frac{p_2}{\gamma})\right]^{\frac{1}{2}}=\left[\frac{2gA_2^2(h_1-h_2)}{1-(A_2/A_1)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad ۴$$

در رابطه فوق h مقدار ارتفاع نظیر فشار نسبت به سطح مبنا می باشد. ($h = Z - p / \gamma$) که مقدار نسبی آن از لوله پیزومتر قابل خواندن است.

تئوری مربوط به افت انرژی در هر قسمت و تعیین ضرایب افت :

در روزنه و خم، مقدار تلفات انرژی قابل توجه بوده و اگر ار آن صرفنظر شود خطای قابل ملاحظه ای در اندازه گیری بوجود می آید. به منظور کاربردی نمودن رابطه 4 در عمل از ضریب تصحیح استفاده می شود که برای هر یک از دستگاه ها با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$K = \frac{Q_m}{Q_c} \qquad ۵$$

که در آن Q_c دبی محاسبه شده از رابطه4 و Q_m دبی اندازه گیری شده واقعی می باشد. مقدار K عموما˝ تابع شکل و مشخصات دستگاه و میزان دبی و مشخصات سیال عبوری است.

به کمک رابطه برنولی می توان مقدار افت انرژی در هر قسمت را محاسبه نمود. از طرف دیگر معمولاً افت انرژی را بصورت مضربی از انرژی جنبشی ورودی به آن قسمت به صورت رابطه۶ نشان میدهد.

$$\Delta H_{mn} = K\frac{V_m^{\,2}}{2g} \qquad ۶$$

حال با تعیین افت انرژی و انرژی جنبشی ورودی می توان ضریب افت (K) هر قسمت رابه کمک روابط زیر بدست آورد.

الف ونتوری متر :

به کمک رابطه برنولی و با صرفنظر کردن از افت انرژی بین مقاطع ورودی و گلوگاه ونتوری میتوان رابطه ۷ را جهت محاسبه دبی در ونتوری بکار برد.

$$Q = A_B V_B = A_B\sqrt{\frac{2g(h_A - h_B)}{1-(A_B/A_A)^2}} \qquad ۷$$

که در آن A_A و A_B به ترتیب سطح مقطع A و B و همچنین h_A و h_B ارتفاع آب در لوله های پیزومتری می باشد.

نظر به اینکه قطر ونتوری در مقاطع ورودی و خروجی آن برابر است، لذا افت انرژی آن از رابطه ۸ بدست می آید.

$$\Delta H_{AC} = h_A - h_C \qquad ۸$$

از طرف دیگر با توجه به رابطه پیوستگی بین مقاطع ورودی و گلوگاه ونتوری و رابطه برنولی و معلوم بودن نسبت سطوح دو مقطع که برابر با 0.38 است (قطر ورودی ونتوری 26 میلیمتر و قطر گلوگاه ونتوری 16 میلیمتر است) انرژی جنبشی ورودی محاسبه می گردد.

$$\frac{V_A^{\,2}}{2g} = 0.168(h_A - h_B) \quad ۹$$

به کمک روابط ۸ و ۹ میتوان ضریب افت انرژی ونتوری را از رابطه ۶ بدست آورد.

ب دیفیوزر (انبساط مخروطی) :

به کمک معادله برنولی افت انرژی در انبساط مخروطی از رابطه ۱۰ قابل محاسبه است.

$$\Delta H_{CD} = (h_C - h_D) + \frac{V_C^{\,2}}{2g}(1 - \frac{1}{16}) \quad ۱۰$$

ضمناً بعلت مساوی بودن قطر ورودی و خروجی، انرژی جنبشی آنها هم یکسان است. پس به سهولت می توان ضریب افت آن را از رابطه ۶ بدست آورد.

$$K = \frac{\Delta H_{CD}}{V_C^{\,2}/2g} \quad ۱۱$$

ج اوریفیس متر :

به علت شکل خاص اوریفیس متر که بین مقاطع F و E نصب شده است افت انرژی جزئی نیست و نمی توان در بکاربردن رابطه برنولی از آن صرفنظر نمود. نظر به اینکه اختلاف ارتفاع پیزومترهای E و F خود ناشی از افت انرژی بین این مقاطع هم می باشد. لذا می توان به کمک رابطه برنولی نتیجه گرفت که :

$$Q = A_F V_F = KA_F \sqrt{\frac{2g(h_E - h_F)}{1-(A_F / A_E)^2}} \quad ۱۲$$

در آن K نام ضریب تخلیه دستگاه می باشد و برای اوریفیس خاص نصب شده روی دستگاه مقدار آن برابر با 0.601 می باشد.

با توجه به نسبت قطر ورودی اوریفیس متر به ونتوری متر که تقریباً عدد ۲ است می توان دریافت که انرژی جنبشی ورودی آن $\frac{1}{16}$ انرژی جنبشی ورودی به ونتوری متر است. ضمناً افت انرژی در اوریفیس متر از رابطه ۱۳ محاسبه میشود.

$$\Delta H_{EF} = h_E - h_F \quad ۱۳$$

حال با تعیین این مقادیر میتوان ضریب افت انرژی در اوریفیس متر را بدست آورد.

د – زانوئی ۹۰ درجه :

به کمک رابطه برنولی بین نقاط Gو H (ورودی و خروجی زانوئی و همچنین رابطه تعادلی در لوله های پیزومتری فشار در روی سطح مایع در لوله های G و H یکسان است)، می توان افت انرژی در زانوئی با قطر تبدیلی را از رابطه ۱۴ بدست آورد.

$$\Delta H_{GH} = (h_G - h_H) + \frac{V_G^{\,2}}{2g}(1 - \frac{1}{16}) \quad ۱۴$$

ضمناً انرژی جنبشی ورودی به زانوئی $\frac{1}{16}$ انرژی جنبشی ورودی به ونتوری است.

هـ روتامتر :

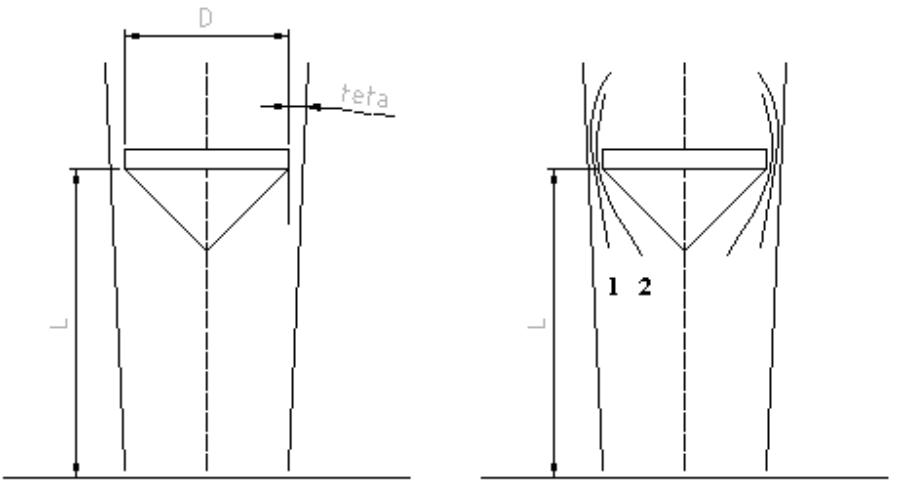
دوارسنج از یک لوله شفاف با قطر متغیر و وزنه ای مخروطی شکل در داخل آن تشکیل شده است. وقتی سیال جریان ندارد وزنه مخروطی در پایین ترین وضعیت قرار داشته و هیچگونه فاصله بین وزنه و جداره های لوله وجود ندارد. هنگامی که جریان سیال برقرار است در اثر نیروی وارده و لزوم وجود راهی جهت عبور آب، وزنه مخروطی به سمت بالا حرکت می کند. وزنه تا جایی بالا می رود که نیروهای وزن،شناوری و نیروی ناشی از حرکت سیال با یکدیگر در حالت تعادل باشند. نیروی وارده به وزنه در اثر جریان آب را نیروی دراگ نامیده شده و به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \quad ۱۵$$

که در آن C_D ضریب کشش (Drag Coefficient)، ρ چگالی، A سطح مقطع وزنه در مقابل آب و V سرعت متوسط سیال است. نیروی وزن و نیروی شناوری مقداری ثابت و تابع جنس و شکل وزنه می باشد. پس از ساخت دوارسنج ها، آنها را مدرج کرده و در کارخانه کالیبره (یا واسنجی) می کنند. بدین معنی که دبی جریان را با وسیله مطمئن دیگری اندازه گیری کرده و برای هر ارتفاع از وزنه عدد مربوطه را یادداشت می کنند. نتایج نهایی به صورت نمودارهایی مطابق شکل 3 ارائه می گردد. طبیعتا˝ نمودار مربوط به هر دستگاه باید به صورت مستقل تهیه شود. شکل 3 مربوط به دستگاه این آزمایش می باشد.

با انتخاب حجم کنترلی مطابق شکل (2) که شامل مخروط شناور باشد وبا به کاربردن رابطه برنولی و تغییرات مقدار حرکت بین مقاطع 1 و 2 می توان نتیجه گرفت که افت انرژی بین این دو مقطع مقداری است ثابت و به L (محل قرارگرفتن شناور) بستگی ندارد. از طرف دیگر چون این افت به سرعت سیال در اطراف شناور بستگی دارد پس می توان نتیجه گرفت که سرعت سیال در اطراف شناور هم ثابت است. اگر مقدار سرعت سیال را با V و سطح مقطع گذر سیال را با A_f نشان دهیم میتوان مقدار دبی سیال را از رابطه ۱۶ که در آن θ بر حسب رادیان است بدست آورد.

$$Q = A_f.V = \pi D_f L \theta V \quad Q = (\pi D_f \theta V) L \quad ۱۶$$



شکل ۲

مشاهده می شود که مقدار دبی در روتامتر به L به صورت خطی بستگی دارد.

افت انرژی در روتامتر از رابطه ۱۷ قابل مقایسه است.

$$\Delta H_{HI} = h_H - h_I \quad ۱۷$$

همانطور که قبلاً ذکر شد با یک نظر اجمالی در نتایج آزمایش می توان دریافت که افت انرژی در روتامتر مستقل از دبی است و مقدار ثابتی می باشد.

با توجه به قطر ورودی روتامتر می توان دریافت که انرژی جنبشی ورودی آن برابر با انرژی جنبشی ورودی ونتوری متر است.

روش انجام آزمایش :

1 قبل از شروع آزمایش و اندازه گیری دقت کنید که هیچ حباب هوایی در داخل دستگاه آزمایش و پیزومترها نباشد. در صورت وجود حباب، شیرهای ابتدا و انتهای دستگاه را کاملا˝ باز کنید تا حباب ها به همراه جریان خارج شوند.

همچنین می توان با بازکردن پیچ بالای پیزومترها حباب ها را خارج کرد. جهت تسریع در خروج حباب ها به آرامی ضرباتی با انگشت به قسمت های مختلف دستگاه بزنید.

2 پس از آماده شدن، پمپ دستگاه را روشن کرده و شیر دو طرف را کاملاً باز می کنیم و برای دبی حداکثر ارتفاع آب در پیزومترهای A تا I (شکل۱) و ارتفاع مخروط دوارسنج(یعنی ارتفاع سطح بالای مخروط) را قرائت نموده، یادداشت می کنیم. ارتفاع آب در کلیه پیزومترها باید در محدوده مدرج شده واقع شوند. دبی جریان را به طریقه حجمی نیز اندازه می گیریم.(توسط میز آزمایشگاهی)

با یادداشت نمودن ارتفاع پیزومترها و مقیاس روتامتر و تعیین دبی توسط میز آزمایشگاهی می توان ضرایب افت هر قسمت ونتوری، دیفیوزر، اوریفیس، زانوئی و روتامتر را تعیین نمود.

3 جهت تعیین تغییرات این ضرایب با دبی بهتر است با کم کردن دبی توسط شیر خروجی دستگاه، آزمایش را در ده مرحله انجام می دهیم.

4 برای دستگاه های ونتوری متر، پخش کننده، روزنه و خم، اختلاف تراز آب در پیزومترهای دوطرف دستگاه، دبی محاسباتی و ضریب تصحیح دبی را برای هر یک از دبی ها محاسبه می کنیم. در این جدول h_1 و h_2 تراز آب در نقاط ۱ و ۲ در دو طرف هر وسیله بوده که به ترتیب زیر قرائت می شوند:

- برای ونتوری متر در نقاط A و B
- برای پخش کننده در نقاط C و D
- برای روزنه در نقاط F و E
- برای خم در نقاط H و G

در جدول فوق Q_m دبی اندازه گیری شده به طریقه وزنی یا حجمی و Q_c دبی محاسبه شده با استفاده از رابطه ۴ می باشد.

شماره آزمایش	مانومتر ها							رتامترmm	زمانt
	A	B	C	D	E	F	G		
1	22.0	23.5	22	22.5	22	19.3	21.5	99	86
2	26.3	26.00	23	23.5	23.2	20	22.5	118	70
3	28.5	28.5	24.5	25.3	24.5	2.05	23	133	64
4	31.2	31.2	25.7	26.8	25.9	20.5	24.5	150	55
5	34.3	34.3	27.3	28.7	27.5	20.4	25.5	163	47

V_A cm/s	V_B cm/s	Cd	Q_{ac} cm	Q_t $cm^3 s$	h
26.23	69.184	0.974	139.06	142.74	2.2cm
32.23	85	1.122	170.85	152.15	2.5cm
35.25	92.97	1.228	186.87	152.15	2.5cm
41.01	108.18	1.207	217.45	180.02	3.5cm
48.01	126.59	1.305	254.46	194.85	4.1cm

$V_{cm/s}$	Cd	Q_{ac} cm	Q_t cm	h
44.26	0.657	139.06	211.59	1.5
54.38	0.570	170.85	299.25	3
59.48	0.540	186.87	345.55	4
69.21	0.537	217.45	404.32	5.5
80.10	0.556	254.46	457.121	7

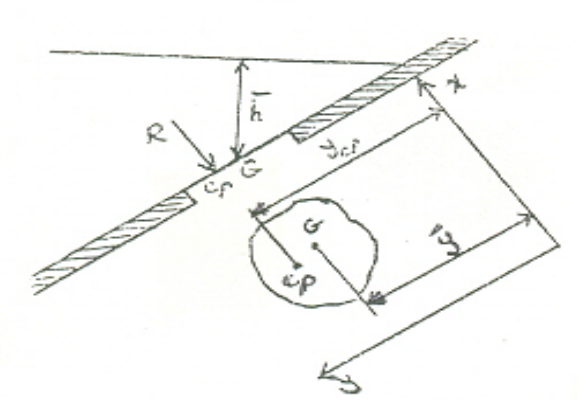
ΔH_{1-2}	$\frac{V_B^2}{2g}$	$\frac{V_A^2}{2g}$	V_A cm/s	V_B cm/s
2.2cm	2.43	0.35	26.23	69.184
2.5cm	3.68	0.52	32.23	85
2.5cm	4.40	0.63	35.25	92.97
3.5cm	5.96	0.85	41.01	108.18
4.1cm	8.16	1.17	48.01	126.59

۴ اندازه گیری نیروی فشار هیدرواستاتیک

هدف آزمایش:هدف ازاین آزمایش بررسی روابط مربوط به محاسبه نیروی وارد بر یک سطح مستطیلی از طرف سیال ساکن و تعیین نقطه اثر آن(مرکز فشار) می باشد .

تئوری آزمایش:

مرکز فشار نقطه ای است که نیروی ناشی از فشار آب در آن نقطه عمل می کند.بنابراین ممان این نیرو در مرکز فشار برابر ممان کل نیروی گسترده روی سطح آب می باشد: $\int_A \rho g Sin\theta . y^2 dA = Fycp = M$



شرح آزمایش:

ابتدا به شرح مختصری از دستگاه می پردازیم:

دستگاه مطابق شکلاز یک قطعه تفلونی ربع دایره ای تشکیل شده که داخل ظرفی محتوی سیال(آب) قرار دارد و تا ارتفاع دلخواه می تواند غوطه ور باشد. در محل مرکز قسمت ربع دایره ای قطعه به وسیله دو تیغه متصل به آن بر روی تکیه گاهی نصب می شود که می تواند آزادانه حول این تکیه گاه دوران نماید. به محوری که دو تکیه گاه را به هم

متصل می کند بازوئی وصل شده و در انتهای بازو کفه ای آویزان میشود که با قرار دادن وزنه بر روی این کفه مقدار گشتاور ایجاد شده توسط نیروی هیدرواستاتیکی حول تکیه گاه را اندازه گیری می کنند.

فشار کل ناشی از سیال بر روی سطوح خمیده حول محور اتکای هیچ ممانی اعمال نمیکند و ممان ایجاد شده فقط ناشی اغز فشار سیال بر روی سطح مسطح غو طه ور میباشد. هد آب به طور مستقیم بر روی صفحه مندرج در هر ارتفاع دلخواه قابل خواندن است.

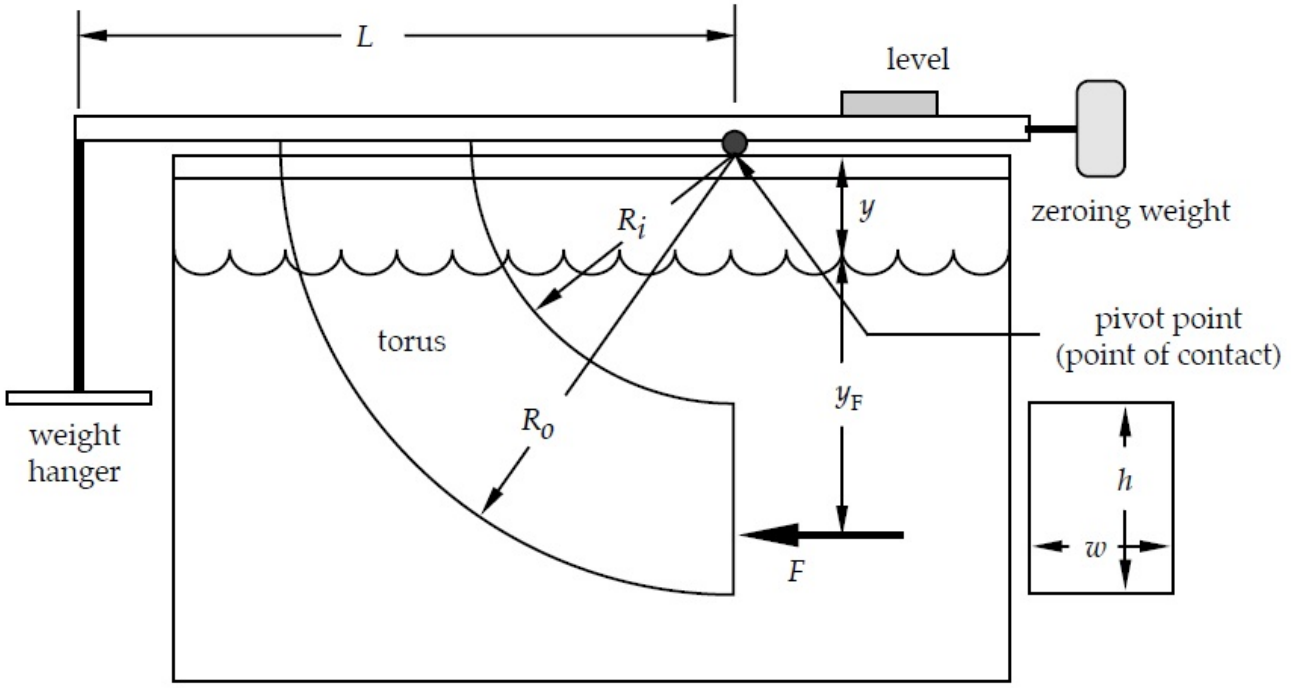
دستگاه را بر روی پایه فلزی آن مستقر کنید و به کمک پیچ های تنظیم آن را تراز نمایید. ابتدا باید دستگاه را کالیبره نمود . نحوه کالیبره کردن دستگاه بدین صورت است که در شرایطی که مخزن کاملا خالی از سیال است و نیز کفه انتهای اهرم از جای خود خارج گردیده وزنه ای را که در انتهای اهرم نصب شده ومی تواند بر روی آن عقب و جلو برود را آنقدر جا بجا می کنیم تا سوزن های شاخص تعادل روبروی هم و اهرم در حالت افقی قرار گیرد. در چنین حالتی دستگاه کالیبره و برای آزمایش آماده شده است.

تذکر:در طول آزمایش نباید تغییری در محل قرار گرفتن وزنه انتهای اهرم به وجود آید.

برای انجام آزمایش کفه را در محل خود گذاشته و تعدادی وزنه به آن اضافه کنید. به آرامی داخل مخزن دستگاه آب اضافه کرده تا در شرایطی که ظرف تقریباً پر است تعادل اهرم برقرار شود(شاخص تعادل مطابقت سوزنهای تعادل می باشد)مقدار وزنه ها و نیز ارتفاع آب را قرائت کرده و در جدول اطلاعات آزمایش یادداشت نمائید. به دفعات چند گرم از وزنه ها را کم کرده و با باز کردن شیر سوزنی تخلیه مخزن تعادل اهرم را بر قرار نموده و اطلاعات خواسته شده را یادداشت می نماییم.

آزمایش صورت گرفته توسط گروه:

ابتدا طبق موارد مذکور میله را به تعادل می رسانیم سپس با وزنه گذاشته که تعادل به هم می خورد و با ریختن آب در ظرف میله را مجدداً به تعادل می رسانیم.وزنه ها را ۱۰ گرم اضافه می کنیم.



وزنه (گرم)	ارتفاع mm	گشتاور وزنه	گشتاور آب
20	32	06.0	08.0
30	39	08.0	2.0
40	46	17.0	12.0
50	50	13.0	13.0
60	54	14.0	2.0
70	59	15.0	19.0
80	63	16.0	3.0
90	66	2.0	2.0
100	70		
110	73		
120	76		
130	80		
140	83		
150	86	3.0	19.0
160	89		
170	91		
180	94	5.0	4.0
190	97		
200	100		
210	103		
220	105		
230	107	5.0	1.10
240	110		
250	113		
260	116	6.0	3.11
270	119		
280	122	7.0	10
290	125		
300	127		
310	130		
320	132		
330	135		
340	138	85.0	2.10
350	141		
360	144	88.0	3.9

۴ رینولدز

هدف آزمایش : برسی نوع حرکت سیال و بدست آوردن محدوده جریان آرام و آشفته

تئوری آزمایش :

یکی از انواع تقسیم بندی جریان، حرکت لایه ها می باشد که بر اساس سه نوع جریان، قابل تفکیک است:

- جریان آرام (Laminar)
- جریان انتقالی (Transition)
- جریان آشفته (Turbulent)

در جریان آرام حرکت سیال در حرکت لایه ها خلاصه می شود. در این جریان هر لایه به نرمی روی لایه مجاور خود می لغزد. مبادله ممنتوم در سطوح لایه های مختلف توسط مولکول ها صورت می گیرد. در جریان آشفته حرکات بسیار نامنظم ذرات با تبادل شدید مومنتوم در جهت عمود برحرکت مشاهده می شود.در این جریان کار انتقال ممنتوم از لایه ای به لایه دیگر توسط توده ذرات صورت می گیرد و در واقع حرکت ذرات به حرکت مولکول ها اضافه می شود. حالت گذرا مرز بین این دو حالت است .

دستگاه طوری ساخته شده است که توسط آن می توان جریان مایع را دریک لوله بطورکامل مشاهده کرد و محاسبات لازم نوع جریان را تعیین نمود .

تشخیص ماهیت جریان اولین بار توسط رینولدز انجام گرفت. او عددی به همین نام را برای تفکیک جریان ها از یکدیگر تعریف نمود. عدد رینولدز بنا به تعریف حاصل تقسیم دو نیرو است، نیروی اینرسی و نیروی لزجت.

$$\mathrm{Re} = \frac{F_\rho}{F_\mu} = \frac{\rho V^2}{\mu \frac{V}{L}} = \frac{\rho V L}{\mu}$$

ρ : دانسیته سیال

μ: ویسکوزیته

V: سرعت متوسط سیال

L: طول مشخصه

بنابراین باید انتظار داشته باشیم وقتی نیروهای اینرسی بیشتر شود، تلاطم و بی نظمی در جریان بیشتر شده، جریان به سمت حالت آشفته پیش رود.

عدد رینولدز در یک لوله با قطر D که سیالی باسرعت متوسط V و ویسکوزیته دینامیکی μ و دانسیته ρ در آن جریان دارد ،عبارتست از :

$$R_e = \frac{\rho . V . D}{\mu}$$

μ : $\frac{kg}{m.s}$ ویسکوزیته دینامیکی ρ : $\frac{kg}{m^3}$

$$R_e = \frac{V . D}{\upsilon}$$

پارامتر تعیین کننده در نوع رژیم جریان، محدوده عدد رینولدز است که به شکل مجرای عبور جریان بستگی دارد. به عنوان مثال محدوده جریان آرام

داخل لوله: $Re< 2100$

جریان بین دو صفحه $Re < 1000$

جریان در کانال باز $Re < 500$

شرح دستگاه :

دستگاه مطابق شکل از بخش های زیر تشکیل شده است :

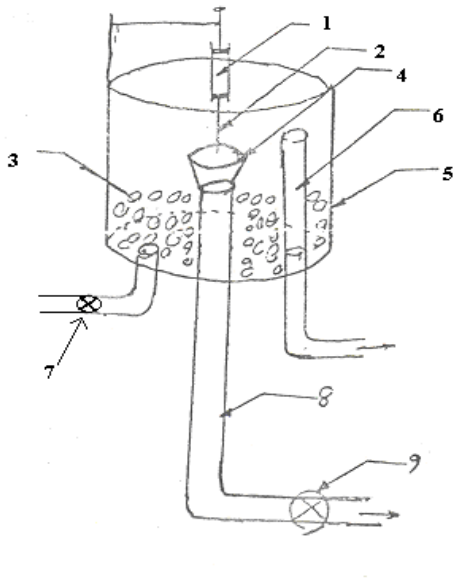
1. مخزن مایع رنگی
2. سوزن انتقال مایع رنگی
3. گلوله های آرام کننده جریان
4. قیف ورودی مایع
5. مخزن اصلی مایع
6. سر ریز
7. شیر کنترل دبی

دستگاه آزمایش از یک مخزن استوانه ای شیشه ای تشکیل شده است. آب از طریق لوله ای که به پایین مخزن متصل است وارد آن می شود و پس از ورود به بستری از گلوله برخورد کرده، سرعت آن یک نواخت می شود. یک لوله سرریز، سطح آب استوانه ای را ثابت نگاه می دارد. لوله خروجی در مرکز مخزن و زیر آن قرار دارد و با کاهش تدریجی مقطع

در ورودی، امکان عبور سیال، هرچه آرام تر میسر می شود. لوله ای که به مخزن کوچک جوهر متصل است از بالا وارد مخزن می شود. با تنظیم شیر کنترل دبی می توان در انتهای لوله خروجی سرعت سیال را تغییر داد و رفتار ماده جوهر را همراه با جریان سیال در سرعت های مختلف بررسی کرد.

توسط این دستگاه می توان مایع رنگی (1) راتوسط یک سوزن (2) در یک لوله شیشه ای (8) هدایت کرد و به وسیله شیر (9) میزان دبی را تغییر داد .

گلوله های آرام کننده جهت جلوگیری از اغتشاش آب ورودی به مخزن می باشند و قیف نیز آرام کننده جریان ورودی به شیشه است .



شکل کلی دستگاه آزمایش رینولدز

روش انجام آزمایش :

1 آب ورودی به سیستم را باز نمائید تا برگشت از سرریز آغاز گردد (دقت کنید که شیر پایین دستگاه بسته باشد).

2 شیر پایین دستگاه را کمی باز کنید.

3 از وجود رنگ دانه (جوهر) در مخزن آن مطمئن شوید.

4 توسط تغییر دبی با شیر پایینی جریان جوهر را به صورت متمایز از آب در آورید. (به صورت ریسمانی در آب)

5 توسط بشر و کرنومتر دبی آب را اندازه گیری کنید.

6 در نقطه ای که جریان از حالت آرام به وضعیت انتقالی (Transition) می رسد و همچنین در نقطه ای که از حالت انتقالی به حالت آشفته می رسد، دبی جریان را به دست آورید.

7 اعمال فوق را این بار از حالت آشفته به انتقالی و آرام تکرار کنید و دبی جریان را به دست آورید.

8 یک قطره جوهر داخل ستون آب بیاندازید و به آرامی آن را پراکنده کنید. سپس شیر خروجی را به آرامی اندکی باز کنید و شکل توزیع سرعت (Velocity Distribution) را در مقطع لوله مشاهده کنید.

9 دمای آب مخزن را اندازه گیری کنید.

محاسبات :

دراین آزمایش قطر لوله آزمایش D = 13(mm) (میلی متر) می باشد .همچنین داریم :

$Q = V.A$ دبی حجمی جریان. A سطح مقطع لوله است.بنابراین هرگاه توسط یک کرنومتر و یک بشر دبی جریان

راتعیین کنیم، خواهیم داشت: $$Q = \frac{V(m^3)}{t(\sec)}$$

می توان توسط رابطه فوق سرعت جریان سیال (V) بر حسب $m/\sec$ را تعیین نمود .

درجدول خواص فیزیکی آب می توان مقادیر υ (ویسکوزیته سینماتیک) را در دماهای گوناگون آب یافت .

با جایگزینی V , D در رابطه (2) می توان مقدار R_e رامحاسبه نمود .

واحد		Lit	S	s/m	s/Lit	
پارامتر	شكل ظاهري	v	t	V	Q	Rey
1	خطي	600ml	31	077.0	00606. 0	8584
2	آنتقال	600ml	73	1046 .	00822. 0	1.1166
3	آشفته	600ml	5.18		03.0	5.4257
4	آشفته	600ml	2.6		09.0	3.2129
5	آشفته	600ml	4.19	7	03.0	1.516
6	آشفته	600ml	40	043.0	015.0	4.1091
7	انتقال	600ml	165	047.0	00363.0	6.850
8	انتقالي	600ml	78	053.0	00769.0	188
9	خطي	600ml	100	056.0	006.0	9.1134
10	خطي	600ml	453	062.0	00132.0	525
11	انتقالي	600ml	75	067.0	008.0	1561
12	آنتقالي	600ml	162	098.0	00370.0	1173
13	انتقالی	600ml	47	010.0	011.0	119
14	آشفته	600ml	18.14	012.0	00141.0	143
15	آشفته	600ml	27.17	076.0	00868.0	910
16	انتقالي	600ml	79.17	049.0	00562.0	586
17	خطي	600ml	27.24	036.0	00412.0	431
18	خطي	600ml	00.30	029.0	0033.0	347

پروژه ها www.prozhe.com

افت اصطکاک در لوله

هدف آزمایش :

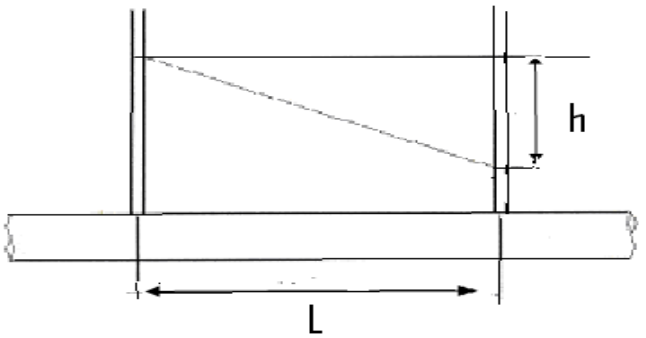
هدف ازاین آزمایش بررسی قوانین موجود در مورد مقاومت اصطکاکی در مقابل حرکت سیال بر حسب نوع جریان می باشد . همچنین می توان توسط معادله پواسلی(Hagen-poiseuille) برای جریان آرام (لایه ای) ضریب ویسکوزیته و توسط رابطه دارسی ضریب اصطکاک را تعیین نمود .

تئوری آزمایش :

افت انرژی در اثر اصطکاک در داخل یک لوله مستقیم بصورت کاهش فشار ظاهر می شود. اگر جریان مایعی از لوله شکل (۱)عبور کند اختلاف ارتفاع سطوح مایعات (h) در پیزومتر های A و B معرف افت انرژی اصطکاکی یا افت فشار (به ازاء واحد وزن سیال جاری) می باشد .

نظر به اینکه بعد افت فشار به ازاء واحد وزن سیال دارای بعد طول است به آن افت هد یا افت ارتفاع هم می گویند.

$$h = h_1 - h_2$$



شکل (1) افت فشار درطول L

برای جریان آرام در لوله داریم:

$$h / L = 32 \mu u / \rho g D^2 \quad (۲-۱)$$

μ ویسکوزیته

u سرعت متوسط سیال در داخل لوله

ρ دانسیته سیال

D قطر لوله

$$R_e = \rho u d / \mu \quad (۲-۲)$$

$$h / L = \left(\frac{64}{Re} \right) \times \left(\frac{u^2}{2 g D} \right) \quad (۲-۳)$$

برای جریان آشفته از رابطه دارسی استفاده می شود:

$$h / L = \left(\frac{f}{D} \right) \times \left(\frac{u^2}{2 g} \right) \quad (۲-۴)$$

f ضریب اصطکاک لوله

مقدار f برای جریان آرام تنها به Re بستگی دارد.

$$f = 64 / \mathrm{Re} \qquad (۵\ ۲)$$

f در جریان آشفته تابعی است از زبری نسبی داخلی لوله و عدد رینولدز جریان

$$f = F(\mathrm{Re}, \varepsilon / d) \qquad (۶\ ۲)$$

Colbrook Equation:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2\,Log\left(e/d + \frac{9.28}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right) \qquad (۷\ ۲)$$

Re <2100	laminar
2100 <Re <5000	transition
5000<Re	turbulent

برای لوله های صاف در صورتی که عدد رینولدز بین 5×10^4 تا ۱۰^{6}باشد می توان از معادله تجربی زیر برای محاسبه f استفاده نمود. (۲ ۸)

$$f = \frac{0.046}{\mathrm{Re}^{0.2}}$$

درعمل رابطه h/L بر حسب سرعت را بصورت رابطه زیر نشان می دهند که

k و n برای یک جریان و لوله معین ثابت می باشد .

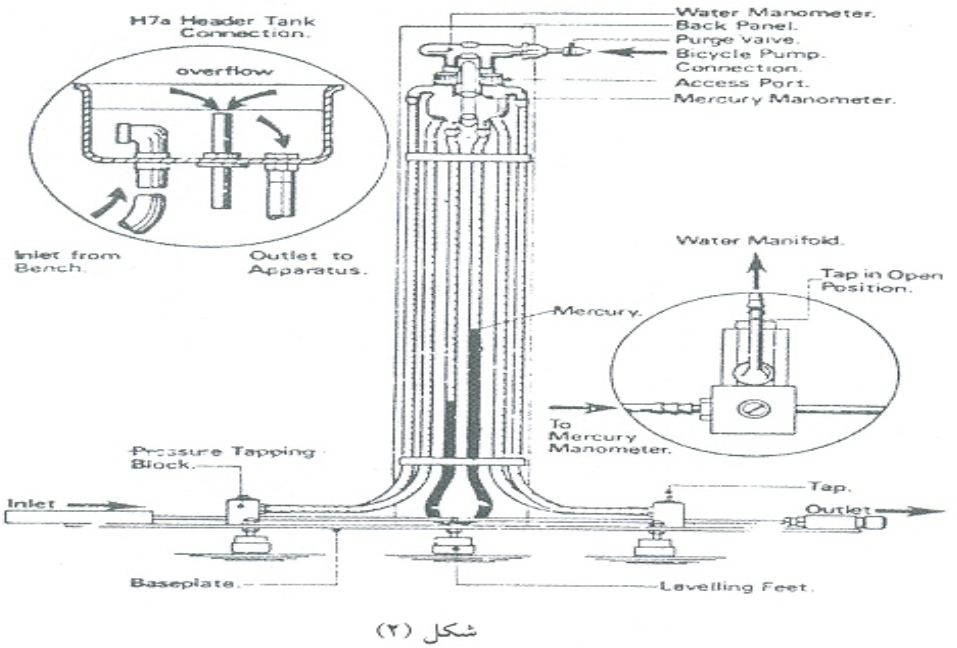
$$h / L = Ku^{n} \qquad (۹ ۲)$$

مقدار n در ناحیه جریان آشفته بین۱.۷ تا ۲ می باشد .

شرح دستگاه :

شکل (۲) شمای دستگاه مورد آزمایش را نشان می دهد. توسط مانومترهای تفاضلی جیوه ای و آبی روی دستگاه می توان افت فشار بین دونقطه ازیک لوله مستقیم بطول ۵۰۰ میلیمتر ، قطر اسمی ۳ میلیمتر و سطح مقطع۷.06 میلیمتر مربع را اندازه گرفت .

واضح است که در افت فشار های کم (معمولاً جریان آرام) از مانومتر تفاضلی آبی و درافت فشارهای زیاد (معمولاً جریان آشفته) از مانومتر های تفاضلی جیوه ای استفاده می شود . برای اندازه گیری دبی آب درلوله از یک ظرف مدرج و کرونومتر استفاده می شود. تغییرات دبی توسط یک شیر سوزنی در قسمت خروجی لوله انجام می گیرد . برای برقراری جریان (معمولا) آرام از تانک آب درارتفاع ثابت استفاده می شود و برای برقراری جریان (معمولاً) آشفته خروجی پمپ را مستقیماً به لوله اصلی وصل می کنند .



شکل (۲)

شکل (۲) شمای دستگاه اصطکاک در لوله ها

روش آزمایش:

قبل از شروع آزمایش ابتدا می بایست دستگاه را هوا گیری نمود این کار توسط تکنسین آزمایشگاه صورت خواهد گرفت.سپس آزمایش را در دو مرحله (که دریکی معمولاً جریان آرام است و دردیگری معمولاً جریان آشفته) انجام می دهیم .

برای انجام مرحله اول آزمایش خروجی پمپ میز آزمایشگاهی را به تانک آب در ارتفاع ثابت وصل می نماییم و سپس توسط لوله ای که درزیر این تانک قرار دارد آب را بداخل لوله مورد آزمایش هدایت می کنیم. توسط مانومتر تفاضلی آبی می توان افت فشار (افت هد) را قرائت نموده و نتیجه را یادداشت کرد . توسط بستن تدریجی شیرسوزنی در انتهای لوله این مرحله از آزمایش رابرای چند دبی مختلف انجام دهید. اندازه گیری دبی در هر مرحله توسط ظرف مدرج و کرونومتر انجام می گیرد.

برای انجام مرحله دوم آزمایش خروجی پمپ را مستقیم به لوله اصلی وصل می کنیم .نظر به اینکه در چنین حالتی فشار خروجی پمپ درلوله مورد آزمایش اثر دارد لذا معمولاً جریان آشفته برقرار می شود. دراین مرحله چون افت فشار زیادتر است از مانومتر تفاضلی جیوه ای برای تعیین آن استفاده می شود. توسط بستن تدریجی شیر سوزنی مستقر در انتهای لوله این مرحله از آزمایش را برای چند دبی مختلف انجام دهید مقدار دبی را می توان با استفاده از ظرف مدرج و کرونومتر تعیین نمود . لازم است که درطول آزمایش دمای متوسط آب را اندازه گیری شود .

واحد	mm	mm	mm	cc	c	s	s/m³	s/m			
پارامتر	h_1	h_2	Δh	v	T	t	10 *Q	V	f	Rey	Rey/64=f
1	۳۱۰	۳۰۵	۵	۶۰	۲۵	۸۰	۰.۷۵	۰.۰۵۹	278 .0	۲۶۳	24.0
2	۳۱۵	۳۰۵	۱۰	۱۰۰	۲۵	۹۰	۱.۱۱	۰.۰۸۸	250 .0	۳۹۲.۴	16.0
3	۳۲۰	۳۰۵	۱۵	۲۲۰	۲۵	۱۰۰	**۲.۲**	۰.۱۷۵	09. 0	۷۸۰.۳	082. 0
4	۳۲۵	۳۰۵	۲۰	۳۲۰	۲۵	۱۱۰	۲.۹	۰.۲۳۲	07. 0	۱۰۳۴.۵	061. 0
5	۳۲۵	۲۹۵	۳۰	۴۲۵	۲۵	۱۳۰	۳.۲۶	**۰.۲۶**	08.0	۱۱۵۹.۴	055. 0

جدول ۴ ۱(جریان آرام)

واحد	mm	mm	mm	cc	c	s	s/m³	s/m			
پارامتر	h_1	h_2	Δh	v	T	t	10*Q	V	f	Rey	Rey¼/3164.0=f
1	168	174	6	500	20	66	74.5	457.0	004. 0	9.2037	314. 0
2	161	180	19	500	20	39	10	795.0	0033.0	15.3545	018.0
3	156	185	29	500	20	33	62.11	925.0	0039.0	86.4124	0155. 0
4	153	188	35	500	20	28	5. 13	075.1	0041.0	46.4771	013.0
5	150	192	42	500	20	24	25	98.1	0032.0	43.8829	0072.0

جدول ۴ ۲(جریان مغشوش)

۵ پمپ

هدف آزمایش :

هدف از این آزمایش بدست آوردن منحنی مشخصه یک پمپ و تعیین راندمان پمپ و به کار بستن سری و موازی پمپ ها و مقایسه آنها با یکدیگر است .

تئوری آزمایش:

پمپ ها یکی از متداول ترین انواع توربو ماشین های مصرف کننده قدرت می باشند. که در اکثر سیستم های تاسیساتی ، آب رسانی ، هیدرولیکی و غیره به کارمی روند . پمپ ها باعث افزایش انرژی مایعات می گردند.

در پمپ چگالی سیال هم ثابت و هم مقدار آن زیاد است .اختلاف فشار معمولا قابل ملاحظه است و ساختمان پمپ بایستی محکم باشد. هنگامی که وجود یک پمپ به تنهایی نتواند دبی یا ارتفاع مورد نیاز ایستگاه را تامین کند از دو یا تعداد بیشتری پمپ در مدار استفاده می شود اتصال پمپ ها به یکدیگر و یا نحوه قرار گیری آنها در مدار ، بطور کلی در دو حالت موازی یا سری صورت می گیرد .

به هم پیوستن پمپها به صورت موازی :

در این حالت ، دبی کلی ایستگاه از طریق چند پمپ که بصورت موازی به یکدیگر بسته شده اند عبور خواهد کرد نحوه عملکرد این پمپها شبیه مدارهای الکتریکی در حالت موازی می باشد. شکل (۱)؛ به این صورت که دبی کلی ایستگاه از جمع دبی های عبوری از هر پمپ بدست می آید و ارتفاع تولیدی تمامی آنها نیز با یکدیگر مساوی است. به هم پیوستن پمپ ها به صورت موازی بر نقطه کار هر یک از پمپ ها اثر می گذارد .

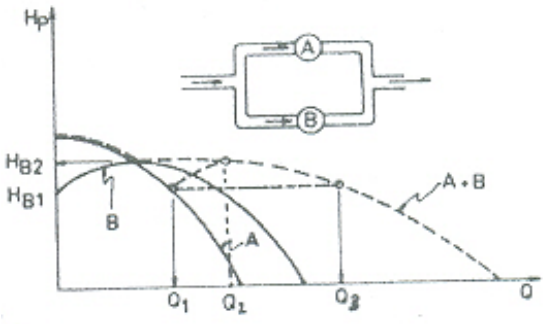
برای بدست آوردن منحنی مشخصه مجموعه ، باید دبی های هر یک را در ازاء ارتفاع ثابت با یکدیگر جمع و نقاط حاصل را به هم متصل نمود .

محل تلاقی مدار با منحنی بدست آمده نقطه کار سیستم را تعیین می کند (H_p, Q). برای مشخص کردن نقطه کار هریک از پمپ ها ، باید از محل دو منحنی ، خطی موازی با محور Q ها رسم

شود شکل (۱) نقطه کار پمپ ها را نشان می دهد (Q1 , Q2). پمپ ها معمولاً به نحوی انتخاب می شوند که در حوالی نقطه راندمان ماکزیمم خود کار کنند .

ارتفاع کل رامی توان از رابطه زیر بدست آورد :

$$H_{total} = \left[\frac{(P_{d2} - P_{s1})}{\rho g} + \frac{(P_{d1} - P_{s1})}{\rho g} \right] / 2 \qquad (1\text{-}6)$$



شکل (۱)منحنی عملکرد دو پمپ به صورت موازی

P_s, P_d به ترتیب فشار استاتیکی در دهانه های خروجی و ورودی پمپ ها می باشند .

هنگامیکه پمپ های (۱) و (۲) ، هر یک به تنهایی درمدار قرار گیرند دبی تولیدی توسط آنها به ترتیب Q_1, Q_2 خواهد بود .

موازی بستن دو یا تعداد بیشتری پمپ در یک مدار ، هنگامی صورت می گیرد که :

در ازاء دبی مورد احتیاج ، اندازه پمپ انتخابی بزرگ شود که در این صورت با تقسیم دبی بین دو یا چند پمپ می توان در یک ارتفاع ثابت ، پمپ هایی با اندازه کوچکتر انتخاب نمود . با افزایش تعداد پمپ ها کارائی دستگاه بهتر می شود .

نکات قابل توجه در بستن پمپ ها بطور موازی :

۱ استفاده از پمپ های یکسان برای بستن درصورت استفاده از پمپ های غیر یکسان باید از شیر یک طرفه در مسیر بعد از هر پمپ استفاده شود .

۲ در به هم بستن پمپ های موازی باید سعی شود که مقاومت دینامیکی مدار حتی الامکان کم باشد زیرا همانگونه که از شکل(۱) مشاهده می شود هرچه شیب منحنی مشخصه مدار بیشتر باشد دبی تولیدی مجموعه پمپ ها کاهش یافته و در این صورت موازی بستن پمپ ها تاثیر چندانی نخواهد داشت .

۳ همانطور که گفته شد ، دبی تولید هر یک از پمپ ها در حالت موازی ، کمتر از دبی تولیدی پمپ ها درحالتی است که به تنهایی در مدار قرار گیرند . بنابراین وقتی یکی از پمپ ها از کار بیفتد از مدار خارج شود دبی تولیدی پمپ ها افزایش پیدا می کند .

به هم پیوستن پمپ ها به صورت سری :

به هم پیوستن پمپ ها به صورت سری در یک مدار برای بالا بردن فشار تولیدی در ازاء یک دبی معین صورت می گیرد دراین حالت ، دبی کلی ایستگاه از پمپ های متعدد که بصورت سری قرار گرفته اند گذشته و فشار آن د رهر مرحله افزایش می یابد در این جا نحوه عملکرد پمپ ها همانند مدارهای الکتریکی در حالت سری است برای ترسیم منحنی

مشخصه مجموعه پمپ ها در حالت سری ، باید به ازاء یک دبی معین ارتفاعهای متناظر را با یکدیگر جمع و نقاط بدست آمده را به هم متصل نمود یک نمونه از منحنی مشخصه پمپ ها در حالت سری در شکل (۲) آمده است محل تلاقی منحنی مشخصه مدار با منحنی بدست آمده ، نقطه کار پمپ را تعیین می کند .

در به هم پیوستن پمپ ها بصورت سری باید به نکات زیر توجه کرد :

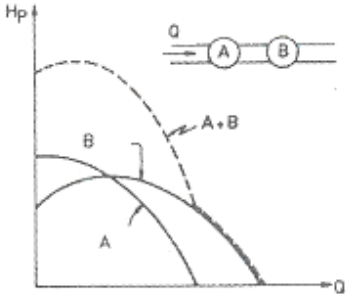
۱ به علت آنکه سیال به هنگام ورود به دومین پمپ سری ، دارای فشار بیشتری است فشار در پوسته و محفظه آب بندی این پمپ بیشتر می باشد از این رو پمپ نیاز به آب بندی مناسب تری دارد و همچنین فشار داخل آن نباید از فشار آزمایش پوسته پمپ بالاتر رود .

۲ در حالتی که دو پمپ یکسان با یکدیگر به صورت سری بسته شوند ارتفاع کل دو برابر هر یک از پمپ ها خواهد بود اما دراین مورد نیاز ارتفاع تولیدی مجموعه دو پمپ ، کمتر از دو برابر ارتفاع تولید یک پمپ ، در حالتی است که به تنهایی در مدار قرار گیرد .

۳ بهتر است د رسری بستن از پمپ های یکسان استفاده شود .

در حالت سری ارتفاع کل را می توان از رابطه زیر بدست آورد .

$$H_{total} = \left[\frac{(P_{d2} - P_{s2})}{\rho g} + \frac{(P_{d1} - P_{s1})}{\rho g} \right] \qquad (2\text{-}6)$$
$$H_{total} = (P_{d2} - P_{s1}) / \rho g$$



شکل (۲) منحنی عملکرد دو پمپ به صورت سری

برای هر پمپ داریم:

$$P_{\text{مفید}} = QH\rho g \quad (3\text{-}6)$$

توان مصرفی پمپ برابر توان الکتریکی گرفته شده از شبکه برقی شهری است

$$P = VI \quad (4\text{-}6)$$

پس راندمان بصورت :

$$\eta = P_{\text{مفید}} / P_{\text{مصرفی}} = QH\rho g / VI \quad (5\text{-}6)$$

راندمان درحالت موازی برابر است با $\eta = \frac{Q}{\frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2}}$ و راندمان درحالت سری برابر استبا $\eta = \frac{H}{\frac{H_1}{\eta_1} + \frac{H_2}{\eta_2}}$

شرح دستگاه :

دستگاه مورد آزمایش از یک میز هیدرولیک تشکیل یافته است که بر روی آن دو پمپ متصل گشته اند . مدار لوله کشی پمپ ها به قسمی است که می توان توسط بستن شیرهای مربوطه هر دو پمپ را بصورت جداگانه سری و موازی راه اندازی نمود .

بر روی پانل دستگاه به ازاء هر پمپ یک دیمر الکتریکی برای تغییر دور پمپ یک ولتمتر و یک آمپر برای قرائت توان الکتریکی داده شده به پمپ وجود دارد .

این دستگاه آزمایش ، برای کنترل جریان از چهارشیر استفاده می کند .

شیر (۴) دررانش پمپ (۱) متصل شده و این قسمت را به عکس پمپ (۲) متصل می کند که تنها درراه اندازی سری پمپها باید باز باشد شیر (۱) قسمت رانش پمپ (۱) را به مدار خروجی متصل کرده و در هنگامی که پمپ (۱) به تنهایی کار می کند و یا در راه اندازی سری پمپ ها باید باز باشد و شیر (۳) در قسمت مکش پمپ (۲) نصب شده است و این شیر را باید در زمانی باز نمود که بخواهیم پمپ (۲) را به تنهایی و یا دو پمپ را بصورت موازی راه اندازی نمود .

روش کار :

ابتدا ورودی و خروجی سیستم را به میز هیدرولیک وصل کنید سپس دیمر ها را روی صفر (سمت چپ) تنظیم کنید محیط حرکت دیمرها را به سه قسمت مساوی تقسیم کنید اینک کلید ورودی دستگاه را در حالت ON قرار دهید .

الف : پمپ (۱) را روشن کرده پمپ (۲) را د روضعی خاموش قرار دهید شیر ۲ را در حالت باز شیر۳ را درحالت بسته و شیر ۱ را باز و شیر ۴ را در حالت بسته قرار دهید ،

دراین حالت برای سه وضعیت دیمر پمپ (۱) سه دبی و سه هد را قرائت کنید و منحنی مشخصه را رسم کنید. (می توانید همین آزمایش را برای پمپ (۲) انجام دهید.)

ب : اینک پمپ های ۱ و ۲ را در حالت موازی قرار دهید بدین ترتیب که : شیر ۲ باز و شیر ۴ بسته و شیر ۳ باز و شیر ۱ باز باشد در این حالت هر دو پمپ را روشن کنید و برای سه وضعیت دیمرها دبی و هد را قرائت کنید و منحنی مشخصه را رسم کنید (سعی کنید که دیمرها را به یک اندازه بچرخانید تا آزمایشها کمترین خطا را داشته باشند). در این حالت بعد از رسم منحنی مشخصه آنرا با منحنی های مشخصه پمپ ها ۱ و۲ مقایسه کنید و نتایج را با تئوری آزمایش تطبیق دهید .

ج : اینک پمپ های ۱ و۲ را د رحالت سری قرار رهید بدین ترتیب که :

شیر۴ بسته و شیر۲باز و شیر۳ بسته باشد در این حالت نیز دیمرها را همز مان در سه وضعیت قرار دهید نتایج را یادداشت کنید.

پمپ۱

واحد			cm²/Kg	Lit	S	min/Lit	m	
پارامتر	**v**	**I**	**P_D**	**V**	**T**	**Q**	**H**	**H**
1	**230**	**14.0**	**08.0**	**5**	**2.33**	**03.9**	**818.0**	**14.2**
2	**230**	**20**	**08.0**	**5**	**9.21**	**69.13**	**818.0**	**28.2**
3	**230**	**28.0**	**12.0**	**5**	**7.17**	**94.16**	**22.1**	**007.3**

پمپ۲

واحد			cm²/Kg	Lit	S	min/Lit	m	
پارامتر	**V**	**I**	**PD**	**V**	**t**	**Q**	**H**	**H**
1	**230**	**10**	**06.0**	**5**	**6.28**	**44.10**	**613.0**	**6.2**
2	**230**	**15**	**085.0**	**5**	**7.19**	**22.15**	**869.0**	**59.3**
3	**230**	**20**	**115.0**	**5**	**5.15**	**35.19**	**176.1**	**63.4**

حالت سري

واحد			cm²/Kg	Lit	S	min/Lit	m
پارامتر	v	I	PD	V	t	Q	H
1	**230**	**51.0**	**19.0**	**5**	**3.14**	**97.20**	**94.1**
2	**230**	**43.0**	**155.0**	**5**	**9.15**	**86.18**	**58.1**
3	**230**	**36.0**	**15 .0**	**5**	**16**	**75.18**	**53.1**
4	**230**	**31.0**	**1.0**	**5**	**5.19**	**38.15**	**02.1**
5	**230**	**25.0**	**08.0**	**5**	**4.23**	**82.12**	**818.0**

حالت موازي

واحد			cm²/Kg	Lit	S	min/Lit	m
پارامتر	v	I	PD	V	t	Q	H
1	**230**	**25.0**	**05.0**	**5**	**7.22**	**21.13**	**51.0**
2	**230**	**30.0**	**08.0**	**5**	**8.17**	**85.16**	**511.0**
3	**230**	**35.0**	**111.0**	**5**	**8.15**	**98.18**	**13.1**
4	**230**	**42.0**	**14.0**	**5**	**14**	**42.21**	**43.1**
5	**230**	**50.0**	**18.0**	**5**	**13**	**07.23**	**84.1**

۶ جت آب

هدف آزمایش :

هدف از این آزمایش اندازه گیری نیروی حاصل از برخورد یک جت آب به یک سطح صاف یا نیمکره بطریقه تجربی و مقایسه این نیرو با تغییرات مقدار حرکت خطی جت آب نسبت به زمان می باشد .

تئوری آزمایش:

یکی از مسائل مورد مطالعه در مکانیک سیالات، بررسی نیروی ناشی از برخورد سیال متحرک به موانع مـی باشـد. از جمله موارد کاربرد پدیده مذکور استفاده از انرژی سیال تحت فشار برای تولید انرژی مکانیکی و الکتریکی است کـه بـه عنوان مثال می توان به کاربرد آن در توربین های آبی (سد ها) و توربین های بخار در نیروگاه های حرارتی اشاره کـرد. یک نمونه دیگر آن برخورد جت آب به پره های چرخ پلتون است نیـروی حاصـل از تغییـرات مقـدار حرکـت خطـی (ممنتوم خطی) آب باعث بگردش در آمدن چرخ می شود.

وقتی که یک جت آب به مانعی برخورد کرده و امتداد سرعت آن تغییر می کند طبق رابطه ممنتوم خطی نیرویی بـر مانع اعمال می شود. مانع متقارنی را مطابق شکل(1) در نظر بگیرید که جت آب با دبی جرمی Q_W بر حسب $\left(\frac{kg}{s}\right)$ و با سرعت u_0 بر حسب $\left(\frac{m}{s}\right)$ به آن برخورد کرده و به اندازه β تغییر جهت می دهد. (دبی جرمی از حاصلضرب دبـی حجمی در جرم مخصوص سیال بدست می آید : $Q_W = \rho \times Q$)

با توجه به قوانین مکانیک سیالات می توان نوشت اندازه حرکت ورودی در جهت X برابر است با $\rho Q u_0$ بر حسب $\left(\frac{kgm}{s^2}\right)$ همچنین مقدار اندازه حرکت خروجی پس از مانع برابر است با $\rho Q u_1 \cos\beta$ بر حسب $\left(\frac{kgm}{s^2}\right)$. با توجه به قوانین بقای اندازه حرکت می توان نوشت:

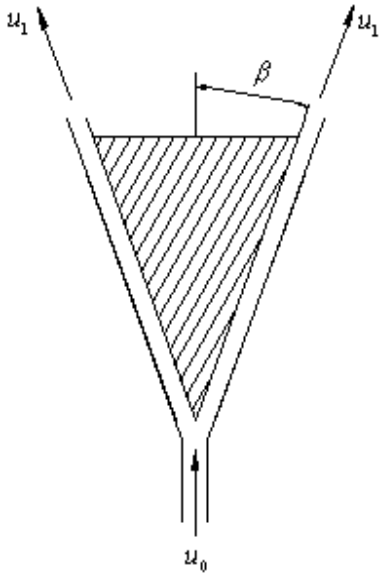
تغییر اندازه حرکت در امتداد X = نیروی وارده در جهت X

یا به عبارت ریاضی :

$$\left(\frac{kgm}{s^2}\right) \quad or \quad (N) \qquad (1\text{-}10)$$

$$F = \rho Q(u_0 - u_1 \cos\beta)$$

بنابر این با داشتن مقادیر و جهت های سرعت ورودی و خروجی می توان نیروی وارد بر جسم از طرف سیال را محاسبه کرد و رابطه (10-1) را برای حالت های خاص ساده نمود.



برخورد جت آب به مانع نیمکره ای:

در صورتی که سطح مانع در مقابل جریان آب مطابق شکل(2 الف) به شکل یک نیمکره توخالی (فنجانی شکل) باشد، زاویه خروج آب $\beta = 180^o$ بوده و داریم $\cos\beta = -1$ بنابر این نیروی وارده به مانع در این حالت برابر است با

$$F = \rho Q(u_0 + u_1)$$

در صورتی که از اختلاف ارتفاع و تغییرات فشار پیزومتریک صرف نظر کنیم، می توانیم فرض کنیم که $u_1 = u_0$ بنابر این نیروی وارده به مانع فنجانی معادل است با:

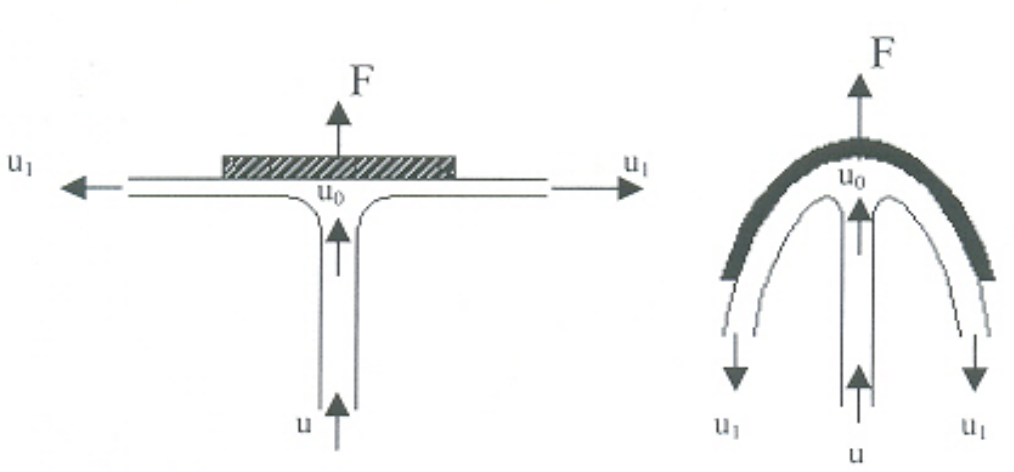
$$F_t = 2\rho Q u_0 \qquad (۲-۱۰)$$

برخورد جت آب به مانع مسطح:

در صورتی که سطح مانع در مقابل جریان آب مسطح و عمود بر محور x مطابق شکل(2 ب) باشد، داریم: $\beta = 90^o$، بنابر این $\cos\beta = 0$؛ لذا رابطه قبل به صورت زیر در می آید:

$$F_t = \rho Q u_0 \qquad (3-۱۰)$$

در برخی از نقاط برای پخش آب و مستهلک کردن انرژی از مانع مسطح در مقابل جریان استفاده می شود که نیروی وارده به مانع مسطح با استفاده از رابطه فوق محاسبه می شود. قابل ذکر است که این نوع موانع برای دبی های زیاد به علت فرسایش بالا و ضریب بازدهی پایین ، کمتر استفاده می شوند.



2 الف 2 ب

شکل 2

شرح دستگاه و روش آزمایش :

مانع مسطح یا نیمکره ای در امتداد عمود بر مسیر جت در داخل ظرفی استوانه ای و شفاف قرار می گیرد جت آب بعد از برخورد با مانع تعادل آن را بر هم می زند .توسط جابجا کردن وزنه ای بر روی یک اهرم متصل به مانع می توان مجدداً مانع را درحالت اولیه متعادل نمود تعیین وضعیت تعادل توسط یک شاقول متصل به اهرم معلوم می شود.

با توجه به معادله لنگر ناشی از نیروهای وارده به اهرم بالای دستگاه می توان رابطه زیر را نوشت :

(فاصله وزنه تا موقعیت صفر)*(جرم وزنه)=(فاصله مرکز مانع از محور اهرم)*(نیروی وارد بر مانع)

$$F_e \cdot L_0 = W \cdot L_W \qquad (4\text{-}10)$$

درصورتی که سرعت خروج آب از شیپوره (Nozzle) u_0 باشد و فاصله شیپوره از مانع برابر Z باشد، سرعت برخورد آب با مانع مسطح یا فنجانی از رابطه زیر بدست می آید:

$$u^2 = u_0^2 - 2gZ \qquad (۵\ ۱۰)$$

تعدادی از مشخصات لازم دستگاه جهت محاسبات به قرار زیر است :

- قطر دهانه شیپوره d = 10 mm
- فاصله مرکز مانع تا نقطه اتکا اهرم (لولا) $L_0 = 175mm$
- فاصله مانع تخت تادهانه شیپوره= Z 28 mmو فاصله مانع کروی تا دهانه شیپوره Z =17.5mm

مراحل انجام این آزمایش به صورت زیر است:

1 مانع مورد نظر (مانع فنجانی یا مسطح) را با استفاده از آچار مناسب در داخل دستگاه نصب نمایید.

2 با استفاده از وزنه ای که بر روی اهرم سوار است دستگاه را تراز می کنیم به گونه ای که اهرم در حالت تعادل کاملا ًافقی باشد (با تنظیم شیارهای حک شده روی شاهین)

3 دبی را به میزان حداکثر افزایش داده و آن را اندازه می گیریم.

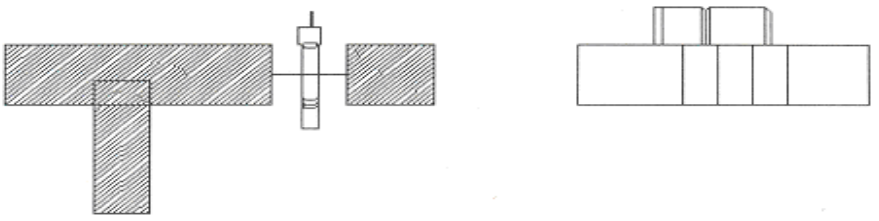
4 بعد از تنظیم دستگاه و کامل باز نمودن شیر خروجی پمپ جت آب با حداکثر دبی خود با مانع برخورد می کند اهرم را از وضعیت تعادل اولیه خود خارج می کند.برای اینکه اهرم دوباره به حالت تعادل برسد وزنه روی اهرم را جابجا کرده و موقعیت شیار نشانگر وزنه را بر روی اهرم یادداشت می کنیم.

5 دبی را مقداری کاهش داده ، آن را اندازه می گیریم و گام چهارم را انجام می دهیم.

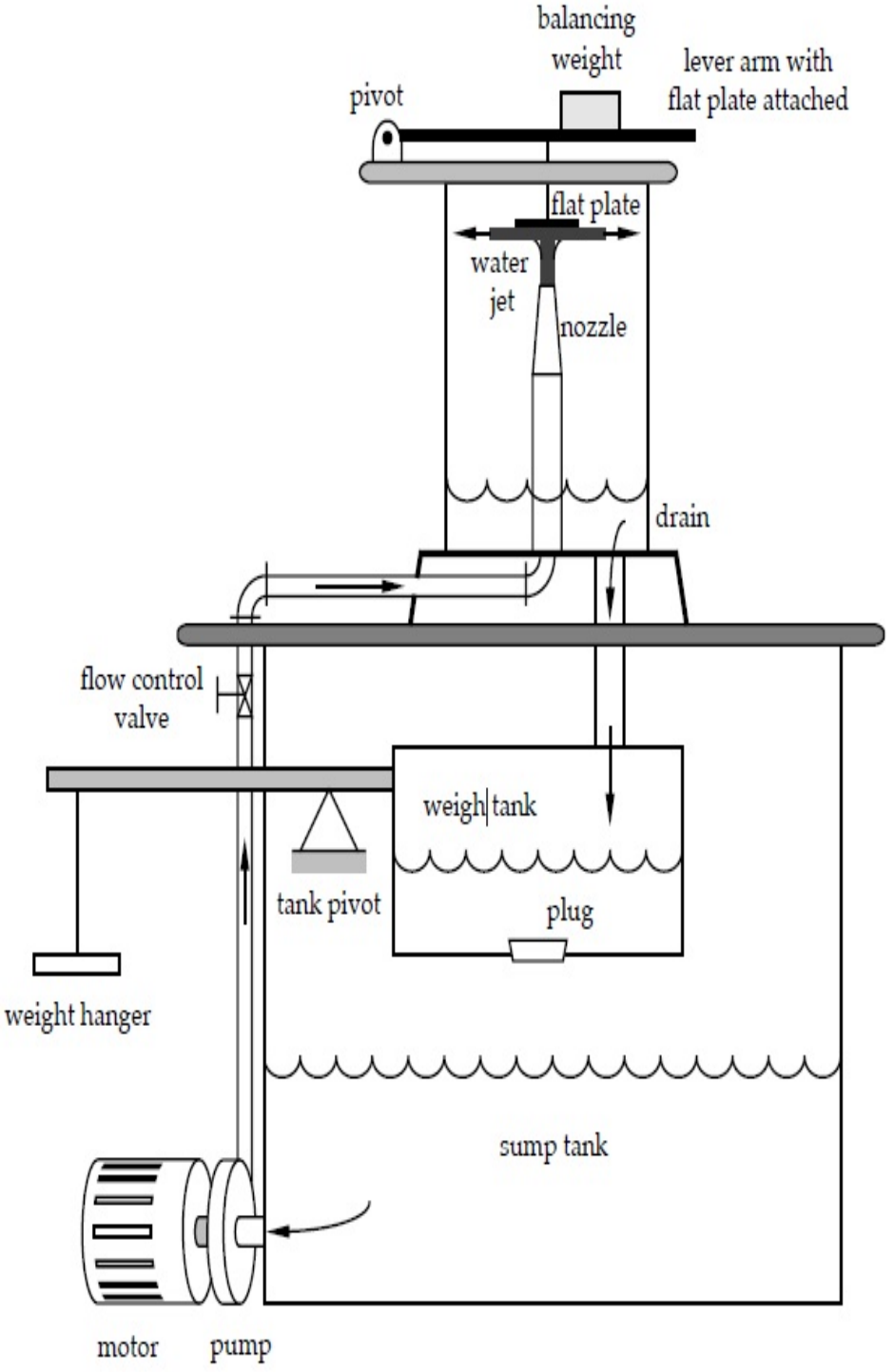
6 گام های 3و4و5 را برای مانع مسطح و فنجانی تکرار می کنیم به صورتی که برای هر مانع 10 بار اندازه گیری دبی Q و فاصله L_W شده باشد.

باید توجه داشت که اندازگیری سرعت برخورد آب با مانع عملاً مشکل است ولیکن با داشتن دبی جریان و سطح مقطعی از جت آب می توان سرعت جت را در آن مقطع تعیین نموده و با داشتن فاصله بین مقطع معلوم و مانع سرعت برخورد جت را تعیین نمود .

قبل از شروع آزمایش می بایست با قراردادن شیار وزنه متحرک روی فاصله صفر با مهره تنظیم بالای فنر اهرم را باشاقول تراز نموده سپس آزمایش را در دو مرحله یکبار با مانع مسطح و بار دیگر با مانع نیمکره ای انجام داد. تعیین وضعیت شاقول و شیار وزن متحرک در شکل(4)نشان داده شده است .



- وزنه و شاقول در وضعیت تعادل4شکل


balancing
weight
lever arm with
flat plate attached
pivot
flat plate
water
jet
nozzle
drain
flow control
valve
weigh tank
tank pivot
plug
weight hanger
sump tank
motor
pump

واحد	gr	min/L	s/m	s/m	m	s/m	N	N
پارامتر	M	Q	Q	V	S	V	Fg	Fj
1	۵۰	10	00016.0	31.3	07.0	09.2	49.0	49.0
2	۱۰۰	54.13	00025.0	42.4	07.0	35.4	98. 0	96.0
3	۱۵۰	02.17	00028.0	63.5	07.0	5.5	47.1	55.1
4	۱۸۰	19.35	00032.0	42.6	07.0	31.6	76.1	02.2
5	۲۲۲	89.20	00034 .0	93.6	07.0	83.6	17.2	36.2

جدول ۴ ۳ (مانع مسطح)

واحد	gr	min/L	s/m	s/m	m	s/m	N	N
پارامتر	M	Q	Q	V	S	V	Fg	Fj
1	۵۰	96.6	00011.0	31.2	078.0	95.1	49.0	388.0
2	۱۰۰	10	00016.0	32.3	078.0	08.3	98. 0	769.0
3	۱۵۰	13.5	00022.0	48.4	078.0	3.4	47.1	44.1
4	۱۸۰	15	00025.0	98.4	078.0	82.4	76.1	8.1
5	۲۲۲	64.16	00027.0	37.5	078.0	22.5	17.2	1.2

جدول ۴ ۳ (مانع كروي)

واحد پارامتر	gr	min/L	s/m	s/m	m	s/m	N	N
1	۵۰	8.5	000096.0	92.1	086.0	41.1	49.0	27.0
2	۱۰۰	7.9	00016.0	2.3	086.0	92.2	98. 0	937.0
3	۱۵۰	2.13	00022.0	38.4	086.0	18.4	47.1	83.1
4	۱۸۰	7.14	00024.0	88.4	086.0	7.4	76.1	29.2
5	۲۲۲	4.16	00027.0	45.5	086.0	29.5	17.2	89.2

۴ سرریز

هدف آزمایش:

یافتن رابطه بین مقدار دبی آب عبوری از سرریزها با ارتفاع آب پشت آنها

تئوری آزمایش:

در مهندسی هیدرولیک سرریزها برای تنظیم سطح آب و اندازه گیری دبی جریان در مخازن سدها بکار گرفته می شود.

در تحلیل تئوری تاثیرات اغتشاش، توزیع سرعت روی لبه سرریز و ایجاد جریانهای ثانویه در گوشه های تیز پشت سرریز در نظر گرفته نمی شود و لذا یک نتیجه تقریبی حاصل می گردد. ولی سرانجام با به کاربردن یک ضریب تجربی به مقدار زیادی روابط بدست آمده با واقعیت مطابق خواهد شد:

$$CwQ = Qr$$

برای بدست آوردن یک معادله ساده برای سرریز باید فرضهای زیر را در نظر گرفت:

- توزیع سرعت در بالا دست سرریز یکنواخت است.
- تمام ذرات سیال هنگام عبور از سرریز به طور افقی حرکت می کند.
- فشار در روی سطح منحنی ریزش صفر است.
- از تاثیر چسبندگی و اغتشاش صرفنظر می شود.

سرريز مستطيلي

دبي تئوري $Q = \frac{2}{3} b\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}}$

$$\text{دبي واقعي} \quad Q = C_d \frac{2}{3} b\sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

سرريز مثلثي

$$\text{دبي تئوري} \quad Q = \frac{8}{15} \tan\frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{\frac{5}{2}}$$

$$\text{دبي واقعي} \quad Q = C_d \frac{8}{15} \tan\frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{\frac{5}{2}}$$

شرح آزمایش:

ابتدا به شرح مختصری از دستگاه می پردازیم:

دستگاه مطابق شکل ۱-۶ شامل میز هیدرولیکی با منبع آب وپمپ و تانک اندازه گیری دبی و کانال پشت سرریز است.در انتهای کانال شیارهایی جهت نصب انواع سرریزها وجود دارد.

در وسط کانال یک دستگاه ارتفاع سنج نصب شده تا ارتفاع آب پشت سرریز اندازه گرفته شود.

ابتدا پمپ را روشن کرده و شیر را باز نمایید تا آب جریان یابد و واردکانال شود.سپس دستگاه را کالیبره نموده و بدین منظور شیر را کامل بسته تا جریان آب از روی سرریز قطع شود. حال ارتفاع سنج را با سطح آب مماس نماید.

شیر را تا آخر باز کرده و ارتفاع را یادداشت نمایید، سپس دبی و اطلاعات دیگر را اندازه گرفته در جدولی یادداشت نمایید.

شرح آزمایش :

ابتدا دو پمپ را روشن کرده و دو شیر را باز کنید. سپس با ثابت شدن ارتفاع آب، ارتفاع را یادداشت کرده و آب داخل مخزن ریخته می شود؛ سپس شیر مخزن را بسته و با داشتن کرنومتر دبی مربوطه را اندازه بگیرید.سپس شیرها را به مقدار یکسان بسته و مراحل مذکور را انجام دهید.

واحد	mm	mm	mm		Lit	S	min/Lit		
پارامتر	H	h1	h2	h	V	t	Q	logQ	LogH
1	40	80	180	100	20	141	05.9	9566.0	114.1
2	38	80	180	100	20	53	64.22	35.1	38.1
3	35	80	180	100	20	38	58.31	499.1	477.1
4	33	80	180	100	20	29	38.41	616.1	518.1
5	30	80	180	100	20	17	6.70	848.1	748.1
6		80	180	100	20	13	3.92	965.1	770.1
7									
8									

۸ جریان یکنواخت در کانال باز

هدف آزمایش:

مطالعه جریان یکنواخت دائم در کانال باز و بدست آوردن ضرایب چیزی برای دبی های مختلف و مقایسه آنها با نتایج تئوری میباشد.

تئوری آزمایش:

اگر کانالی یا رودخانه ای داشته باشیم که نتوان سرریز در جلو رودخانه قرار داد بدین جهت برای محاسبه دبی آب از فرمول های مانینگ و شزی استفاده می کنیم که برای استفاده از فرمول سه پارامتر را باید داشته باشیم:

شیب ، عمق آب ، زبری جداره

جریان در کانال باز به جریانی گفته می شود که سطح آن با اتمسفر در تماس باشد، مثل: رودخانه

جریان یکنواخت در کانال باز زمانی رخ می دهد که سرعت سیال از یک مقطع به مقطع دیگر از نظر مقدار و جهت تغییر ننماید. برای سیال غیر قابل تراکم با یک سطح آزاد شرایط زیر لازم است تا جریان یکنواخت باشد:

- بستر جریان باید دارای شیب ملایم باشد.
- دبی ثابت باشد.
- طول آبراهه زیاد باشد.
- سطح مقطع جریان ثابت باشد.
- عمق سیال در طول جریان باید یکسان و ثابت باشد.

با توجه به رابطه زیر داریم:

$$\sqrt{\frac{2g}{f} * Rs} = u$$

در رابطه فوق ضریب چزی برابر است با:

$$\sqrt{\frac{2g}{f}} = C$$

در این آزمایش از رابطه مانینگ استفاده می شود. رابطه مانینگ یک رابطه تجربی برای جریان یکنواخت به شرح زیر است:

$$\frac{A}{n} R s^{1/2} = VA \quad = \frac{1}{n} R s^{1/2}, \quad Q = V$$

رابطه تجربی مانینگ به صورت زیر است:

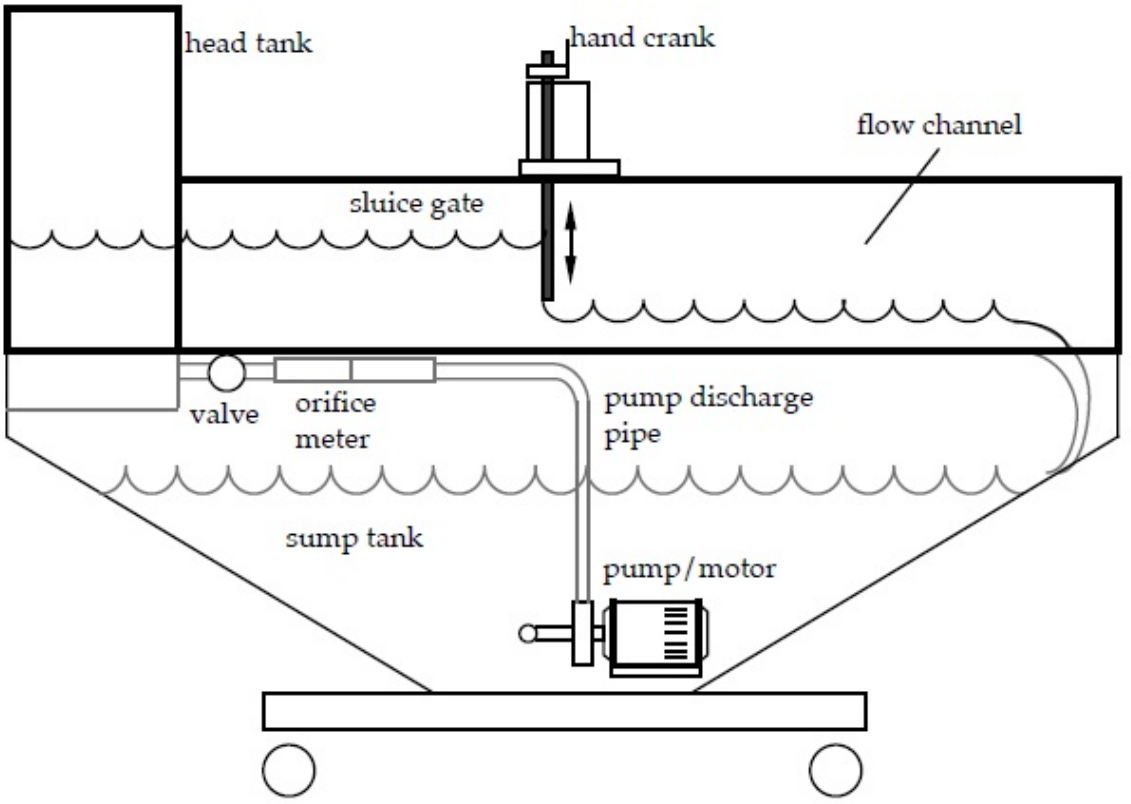
$$\frac{R}{n} = C$$

شرح آزمایش:

ابتدا به شرح مختصری از دستگاه می پردازیم:

دستگاه مطابق شکل شامل سه قسمت اصلی است:

- پمپ و مخزن آب
- مکانیزم اندازه گیری حجم آب
- کانال باز شیب دار که شیب آن قابل تنظیم است.



کانال باز شیب دار از شیشه مخصوص ساخته شده و بوسیله تعدادی بست فلزی برروی یک چارچوب بسته شده است. در قسمت ورودی کانال دو صفحه توری نصب شده است تا اغتشاشهای جریان را کاهش دهد و با بستن انتهای کانال بوسیله یک ورق شیشه ای انعطاف پذیری می توان شیب کف کانال را به دلخواه تنظیم کرد.

پس از اطمینان از بسته بودن شیر کنترل دبی پمپ را روشن کرده سپس شیر کنترل را کمی باز می کنیم تا آب جریان یابد. ورق شیشه ای را در انتهای کانال قرار داده تا آبی عبور ننماید.

کانال را تقریبا تا نیمه پر از آب کنید. شیر بعد از پمپ را ببندید و پمپ را خاموش کنید، مدتی صبر کرده تا آب داخل کانال راکد شود، پس از راکد شدن آب داخل جریانبه کمک دسته مخصوص شیب را تنظیم کرده و ارتفاع آب در ابتدا و

انتهای کانال و فاصله بین این دو نقطه را اندازه گرفته و یادداشت کنید. ورق شیشه ای را خارج نموده و شیر بعد از پمپ را روشن کنید. شیر بعد از پمپ را طوری تنظیم نمایید که دبی ماکزیمم برقرار شود.

پس از اطمینان از دائم شدن جریان عمق آب و اطلاعات مربوطه را در جدولی یادداشت کنید.

آزمایش را برای چند دبی مختلف تکرار نمایید.

در پایان پس از بستن شیر کنترل و خاموش کردن پمپ دستگاه درجه حرارت آب را نیز یادداشت نمایید.

واحد	mm	mm			mm	cm	cm	cm³	s	min/Lit		s	min/Lit		
پارامتر	h_1	h_2	a	S	d	ارتفاع اولیه	ارتفاع ثانویه	V مخزن	t مخزن	Q مخزن	V پمپ	t پمپ	Qپمپ	R	
1	105	65	1000	04.	15	130	150	04.34	3.31	21.65	100	.69	87	71.10	٠65.
2	89	49	1000	04.	3	130	150	02.34	216	36.9	100	438	69.13	77.2	35.0
پارامتر	h_1	h_2	A	S	D	ارتفاع اولیه	ارتفاع ثانویه	V مخزن	t مخزن	Q مخزن	V پمپ	tپمپ	Qپمپ	R	
1	105	84	1000	023.0	16	130	150	02.34	30	68	100	.68	87	11.2	507.
2	77	54	1000	023.0	4	130	150	02.34	226	02.9	100	458	1.13	61.3	288.0

۹ افت در سیستم لوله کشی

هدف آزمایش :

هدف از این آزمایش تعیین افت انرژی ناشی از اجزاء یک سیستم لوله کشی (مانند زانوئی، شیر فلکه و تغییرات ناگهانی سطح مقطع لوله) و تعیین رابطه ای بین افت انرژی و سرعت می باشد. بررسی تغییرات ضریب اصطکاک با عدد رینولدز ، ضریب افت با انرژی جنبشی و تأثیر شعاع انحناء یک خم در مقدار افت انرژی محلی آن از مسائلی است که در این آزمایش مورد نظر می باشد.

تئوری آزمایش :

افت انرژی کلی در یک سیستم لوله کشی ناشی از دو عامل است. یک افت انرژی طولی که در اثر مقاومت نیروی چسبندگی سیال بوجود می آید(افت انرژی اصطکاکی) و دیگری افت انرژی در اثر عواملی از قبیل زانویی، شیرها یا تغییرات سطح مسیر می باشد.

۱. افت انرژی طولی :

افت انرژی طولی در لوله ای مستقیم بطول L و قطر ثابت d از رابطه (۱) بدست می آید.

$$\Delta h_f = f \frac{L}{d} . \frac{u^2}{2g} \qquad (۱\text{-}9)$$

که در آن f بدون بعداست.

مقدار f (ضریب اصطکاک) تابعی از عدد رینولدز جریان وزبری نسبی لولهمیباشد.در لوله های نسبتاً صاف و جریانی با عددرینولدز بین 5×10^4 تا 10^6 مقدارf را میتوان ازرابطه زیر بدست آورد.

$$f = \frac{0.064}{Re^{0.2}} \qquad (۲\text{-}9)$$

۲. افت انرژی در اثر تغییر ناگهانی سطح مقطع لوله :

اگر سطح مقطع یک کانال ناگهان بزرگ شود ، خطوط جریان سیال از دیواره جدا شده و به صورت یک جت وارد بخش بزرگتر می شوند . سپس این جت منبسط شده و کل سطح مقطع مجرای بزرگتر را پر می کند. فضای بین جت منبسط شده و دیواره ی مجرا از سیالی پر می شود که حرکت گردابی دارد و مشخصه ی جدایش لایه ی مرزی است . در این حالت اصطکاک قابل ملاحظه ای در این فضا ایجاد می شود.

برای انبساط ناگهانی :

اگر افت انرژی در طول L از لوله برابر با Δh_f باشد و از افت انرژی جنبشی در قسمت با قطر بزرگتر صرفنظر شود با نوشتن رابطه برنولی بین دو پیزومتر نشان داده شده در شکل (۱) میتوان افت جزئی را از رابطه زیر بدست آورد.

$$\Delta h_L = \Delta h' + \frac{u^2}{2g} - \Delta h_f\left(\frac{X}{L}\right) \qquad (3\text{-}9)$$

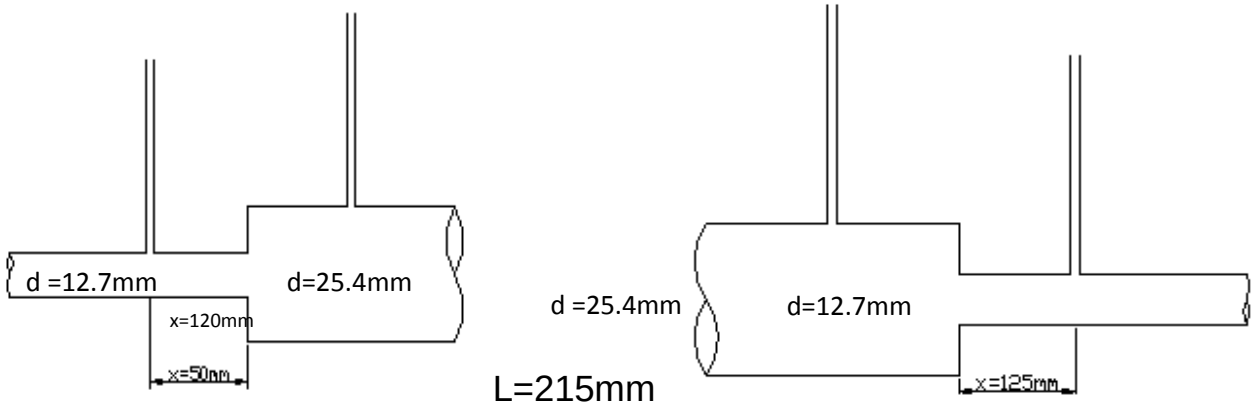
در روابط فوق u سرعت جریان درقسمت باریک تر لوله و $\Delta h'$ اختلاف ارتفاع پیزومترهای ورودی و خروجیمی باشد.

در عمل افت انرژی جزئی از رابطه (۹ ۴) بدست می آید.

$$\Delta h_L = K_e \frac{u^2}{2g} \qquad (۴\ 9)$$

که در آن K_e ضریب افت انبساط نامیده می شود.

وقتی که سطح مقطع مجرا ناگهان کاهش یابد ، جریان سیال نمی تواند گوشه های تیز را دنبال کند و در نتیجه تماس سیال با دیواره مجرا قطع می شود و در این حالت یک جت تشکیل می شود که به درون قسمت سیال ساکن در بخش کوچکتر جریان می یابد . این جت ابتدا منقبض شده و سپس منبسط می گردد و کل سطح مقطع کوچکتر را پر می کند و سرانجام در پایین دست جریان توزیع سرعت حالت معمولی خود را باز می یابد.



شکل (۱) انبساط و انقباض ناگهانی

$$\Delta h_L = \Delta h' - \frac{u^2}{2g} - \Delta h_f\left(\frac{X}{L}\right) \qquad (۵\text{-}9)$$

$$\Delta h_L = K_c \frac{u^2}{2g}$$

(۶-9)

جدول (۱) تغییرات ضریب افت K_c برای انقباض ناگهانی را نشان می دهد.

A2/A1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1
K_c	0.5	0.46	0.41	0.36	0.30	0.18	0.06	0

برای انقباض ناگهانی k_cجدول(۱)مقادیر

۳.افت انرژی در زانوها و خمها :

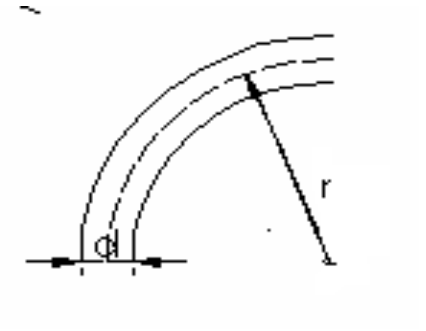
اگر در دو نقطه از مسیر لوله ها که بین آن ها زانوئی یا خم وجود داشته باشد دو پیزومتر نصب شود اختلاف ارتفاعی که توسط دو پیزومتر مشخص میشود مربوط به دو عامل است یکی افت انرژی طولی و دیگری افت جزئی در اثر زانویی. اگر افت انرژی طولی بین دو نقطه Δh_f و افت جزئی Δh_bو اختلاف ارتفاع پیزومترها $\Delta h'$ باشد رابطه (۷) بین دو نقطه برقرار است.

$$\Delta h_b = \Delta h' - \Delta h_f \qquad (۷-9)$$

در عمل افت انرژی جزئی زانوئی را از رابطه (۸) بدست میآورند.

$$\Delta h_b = K_f \frac{u^2}{2g} \quad (۸\text{-}9)$$

که در آن K_f ضریب افت و ثابت می باشد.مقدار ضریب افت زانوئی یا خم به نسبت شعاع زانوئی (r) و به قطر لوله (d) بستگی دارد. جدول (۲) تغییرات ضریب افت (K_f) را بر حسب نسبت r/d نشان میدهد.



r/d	1	1.5	2	3	4
K_f	0.4	0.32	0.27	0.22	0.2

جدول (۲)تغییرات K_f بر حسب r/d در زانویی ها

۴. افت انرژی در شیرها :

اتصالات و شیرها، خطوط جریان معمولی را مختل کرده و سبب ایجاد اصطکاک می شوند. در یک خط لوله کوتاه با اتصالات زیاد ، افت اصطکاک ناشی از اتصالات ممکن است بیشتر از افت اصطکاک خود لوله باشد . افت انرژی جزئی در شیرها بستگی به نوع ساختمان آن دارد.

افت جزئی شیرها از رابطه زیر بدست می آید.

$$\Delta h_L = k_f u^2 / 2g$$

(9 ۹)سرعت متوسط در لوله ای است که به اتصال u ختم می شود.

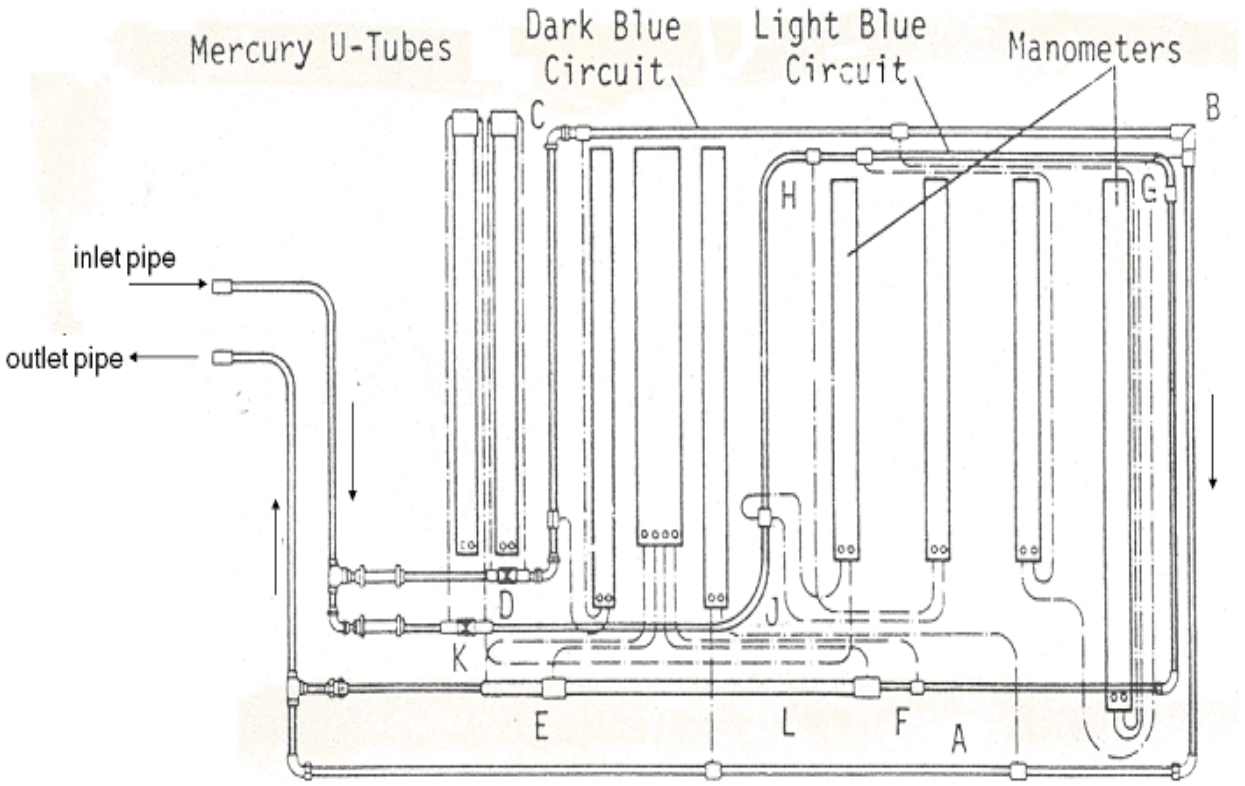
مقدار K_f در شیرها ثابت نمی باشد بلکه به نوع شیر و مقدار باز بودن آن بستگی دارد.جدول (۳) مقادیر ضرایب افت K_f را برای بعضی از اتصالات مشخص می کند.

نوع اتصال	K_f
شیر کروی –کاملاًباز	10.0
شیر دریچه ایِ کاملاً باز	0.2
شیر دریچه ایِ نیمه باز	5.6
زانویی ۹۰	0.4

برای بعضی اتصالات K_f جدول (۳) مقادیر

شرح دستگاه:

دستگاه مورد آزمایش از دو مدار هیدرولیکی جداگانه یکی به رنگ آبی روشن و دیگری آبی تیره تشکیل شده است. در هر یک از مدارها تعدادی اتصالات قرارداده شده است. شکل (۲) نشان دهنده تابلوئی است که مدارات در روی آن نصب شده است.



شکل (۲) شمای دستگاه

D	شیر دریچه ای gate valve	مانومترجیوه ای و آبی۱
C	زانوی ۹۰ درجه استاندارد	4
A	لوله مستقیم به قطر ۱۲.۷ و بطول 620 mm	7
B	زانوی ۹۰ درجه راستگوشه	9
K	شیرکروی globe valve	مانومترجیوه ای وآبی۲

E	به mmانبساط ناگهانی از قطر ۱۲.۷ ۲۵.۴mm	3-1
F	mmبه ۱۲.۷ mmانقباض ناگهانی از قطر ۲۵.۴	3-2
J	mm150زانوی ۹۰ درجه به انحناء شعاع	۶
H	mm100زانوی ۹۰ درجه به انحناء شعاع	۵
G	mmزانوی ۹۰ درجه به انحناء شعاع ۵۰	۸

جدول (۴) مشخصات و ابعاد لوله ها در روی تابلو دستگاه

مدار آبی تیره روی تابلو شامل قسمتهای زیر است :

۱ شیر دریچه ای (gate valve)

۲ زانوئی ۹۰ درجه استاندارد

۳ زانوئی ۹۰ درجه راستگوشه (mitre)

۴ لوله مستقیم بطول 620 mm

مدار برنگ آبی روشن شامل قسمتهای زیر است :

۵ شیرکروی

۶ انبساط ناگهانی

۷ انقباض ناگهانی

۸ خمهای ۹۰ درجه به شعاع ۵۰ ، ۱۰۰ و۱۵۰ میلیمتر

در تمام اتصالات فوق (به جز دو نوع شیر) افت فشار توسط یک جفت پیزومتر تحت فشار هوا اندازه گیری می شود. لیکن تعیین افت فشار شیرها توسط مانومتر تفاضلی جیوه ای تعیین می شود. یادآوری میشود که اگر مانومتر تفاضلی جیوه ای اختلاف ارتفاع $\Delta h'$ را نشان دهد برای تبدیل آن بر حسب ستون آب می بایست آنرا در عدد ۱۳.۵۵ ضرب نمود.

روش آزمایش:

قبل از شروع آزمایش می بایست دستگاه را تنظیم نمود و سپس آزمایش را در دو مرحله انجام داد. در مرحله اول شیر کروی را بسته و شیر دریچه ای را بطور کامل باز کنید تا حداکثر جریان آب در مدار برنگ آبی تیره برقرار شود. حال توسط قرائت پیزومترها میتوان افت انرژی کلی و سپس افت انرژی جزئی هر اتصال موجود در مدار فوق را تعیین نمود.

برای بررسی تغییرات افت انرژی نسبت به انرژی جنبشی آب جاری در لوله، به تدریج شیر دریچه ای را ببندید و هر بار سطوح آب در پیزومترها را یادداشت نمائید. در طول مراحل فوق دمای متوسط آب را اندازه گیری نمائید. بعد از انجام قدمهای فوق شیر دریچه را کاملاً بسته و مرحله دوم آزمایش را بصورت زیر انجام دهید.

در مرحله دوم آزمایش شیر کروی را کاملاً باز کنید سپس توسط یادداشت نمودن پیزومترها و اندازه گیری دبی می توان افت انرژی کلی و افت انرژی جزئی هر اتصال موجود در مدار آبی روشن را تعیین نمود.

برای بررسی تغییرات افت انرژی جزئی نسبت به انرژی جنبشی آب جاری در لوله بتدریج شیر کروی را ببندید و هر بار سطوح آب در پیزومترها را یادداشت نموده و دبی را اندازه گیری نمائید این عمل را حدوداً ۱۰ بار تکرار نمایید.

در خاتمه آزمایش، دو شیر را کاملاً بسته و شیر خروجی پمپ را هم ببندید و سپس پمپ را خاموش نمائید توجه داشته باشید که قبل از خاموش کردن پمپ, بستن هر دو شیر ضروری است.

۱۰ تحقیق در رابطه برنولی

هدف آزمایش:

بررسی رابطه برنولی به وسیله اندازه گیری سرعت و فشار در مقاطع مختلف یک ونتوری افقی و مقایسه آن با حالت تئوری.

تئوری آزمایش :

با در نظر گرفتن یک المان حجمی از سیال و نوشتن معادلات پیوستگی و ممنتوم برای آن و به کار بردن فرض های ساده کننده، به معادله زیر می رسیم:

$$\frac{dP}{\gamma} + dz + \frac{UdU}{g} = 0 \qquad (1\text{-}10)$$

با فرض ثابت بودن دانسیته سیال(تراکم ناپذیری سیال)، می توان از معادله بالا انتگرال گرفت:

$$\frac{P}{\gamma} + z + \frac{U^2}{2g} = cons\tan t \quad (۲\ ۱0)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{U_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{U_2^2}{2g} \qquad (3\text{-}10)$$

که در آن:

z : ارتفاع خط جریان از مبداء

U : سرعت خط جریان

P : فشار

g : شتاب ثقل

ρ : دانسیته سیال

$$\gamma = \rho \times g$$

معادله بالا بر فرضیات زیر استوار است:

1. معادله برای سیال تراکم ناپذیر صادق است.
2. جریان یکنواخت فرض شده است.(steady state)

3 معادله در طول یک خط جریان بدست آمده است.

4 جریان بدون اصطکاک است.

5 کار مکانیکی روی سیستم انجام نمی شود.($W_0 = 0$)

معادله تصحیح شده برنولی برای جریان داخل لوله ها:

بسیاری از جریان های سیالات در حوضه مهندسی شامل جریان هایی هستند که توسط یک دیواره جامد تحت تأثیر قرار می گیرند و بنابراین شامل یک لایه مرزی هستند. مهمترین حالت این جریان ها، جریان داخل لوله ها است.

برای بسط دادن معادله برنولی به صورتی که حالات عملی فوق را نیز شامل شود، دو تصحیح لازم است. اولین تغییر(که از اهمیت کمتری برخوردار است)، تصحیح انرژی جنبشی به خاطر تغییر سرعت سیال بر حسب موقعیت نقطه نسبت به دیواره است(بیشترین سرعت در مرکز و کمترین سرعت در مجاور دواره است).دومین تصحیح(که اهمیت زیادی دارد)، تصحیح رابطه برنولی به علت وجود اصطکاک است.

1 تصحیح انرژی جنبشی:

در بررسی وضعیت جریان درون کانال های باز و بسته، اغلب تحلیل یک بعدی به کار می رود. کل جریان به صورت یک لوله بزرگ با سرعت متوسط V در هر مقطع در نظر گرفته می شود، اما این انرژی جنبشی در واحد وزن برحسب هد سرعت متوسط سیال(یعنی $V^2/2g$) برابر مقدار متوسط $U^2/2g$ روی تمام سطح مقطع نمی شود. بنابراین لازم است که یک ضریب تصحیح αبرایجمله $V^2/2g$ چنان محاسبه کنیم که $V^2/2g$ αبرابرمتوسطانرژیجنبشیدرواحدوزنسیالگذرندهازهرسطحمقطعباشد:

$$\alpha = \frac{1}{A}\int_A \left(\frac{U}{V}\right)^3 dA \qquad (4\text{-}10)$$

که در آن:

V: سرعت متوسط سیال

A : سطح مقطع جریان

می باشد.

$$\alpha_{La\min ar} = 2$$

$$\alpha_{Turbulent} = 1.01 - 1.10$$

2 تصحیح رابطه برنولی به خاطر وجود اصطکاک:

اصطکاک اثر خود را به صورت کاهش انرژی مکانیکی در یک سیال نشان می دهد. بر اساس قانون بقای انرژی، مقداری حرارت معادل کاهش انرژی مکانیکی تولید می شود. اصطکاک سیال می تواند به عنوان هر نوع تبدیل انرژی مکانیکی به حرارت در جریان سیال تعریف شود. برای سیالات تراکم ناپذیر، رابطه برنولی با افزودن یک جمله به سمت راست معادله 3 ، تصحیح می شود.

$$\frac{P_a}{\rho g} + z_a + \alpha_a \frac{\overline{V_a^2}}{2g} = \frac{P_b}{\rho g} + z_b + \alpha_b \frac{\overline{V_b^2}}{2g} + h_f \qquad (5\text{-}10)$$

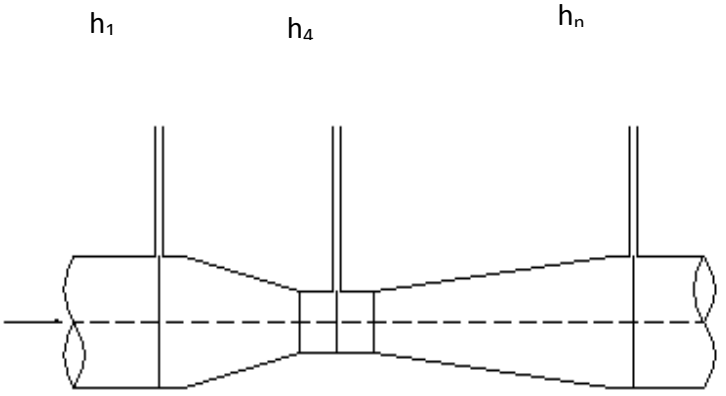
که در این رابطه h_f افت انرژی به ازاء واحد وزن سیال است.

ونتوری لوله ای است که سطح مقطع آن بتدریج کم میشود و بعد از قسمت باریک شده لوله (گلوگاه) دوباره سطح مقطع آن اضافه شده تا به قطر اولیه می رسد. در این آزمایش علاوه برآشنایی با ونتوری و تغییرات فشار در قسمت های مختلف آن، مدرج کردن یک ونتوری متر به عنوان وسیله ای جهت اندازه گیری دبی در لوله ها نیز انجام می شود.

در شکل (1) یک جریان ایده آل مایعی در لوله ونتوری نشان داده شده است. اگرa_1, a_4 , a_nبه ترتیب سطح مقطع لوله ونتوری در مدخل ورودی، گلوگاه و مقطعی اختیاری و همچنین h_1 , h_4 , h_nارتفاعات پیزومتری در این مقاطع باشند با صرفنظر کردن از افت انرژی در لوله ونتوری و ثابت فرض کردن سرعت و ارتفاعات پیزومتری در هر مقطع می توان رابطه برنولی و پیوستگی را بین دو مقطع نوشت و با حذف یکی از سرعت ها در دو رابطه فوق رابطه (۱ ۶) را نتیجه گرفت و سپس دبی ایده آل جریان را از رابطه(7-10) بدست آورد.

$$u_4 = \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1-(a_4/a_1)^2}} \qquad (6\text{-}10)$$

$$Q_4 = a_4 u_4 = a_4 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1-(a_4/a_1)^2}} \qquad (7\text{-}10)$$



شکل ۱

با توجه به افت انرژی بین مقاطع1 و 4 و ثابت نبودن سرعت ها در هر مقطع، مقدار واقعی دبی جریان کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه (7-10) می باشد. برای برطرف نمودن اثرات فوق ضریبی بنام (ضریب دستگاه) که با C نشان داده میشود به طرف دوم رابطه (7-10) اضافه کرده و عملاً بصورت رابطه (8-10) مورد استفاده قرار می گیرد.

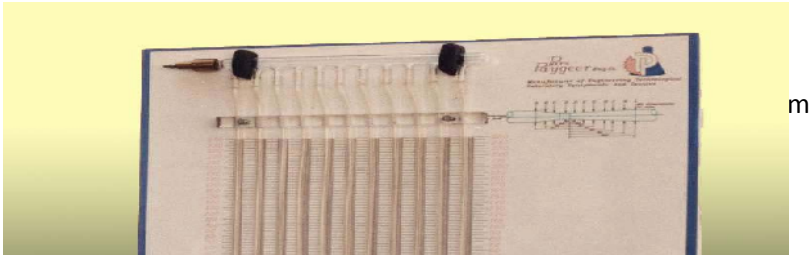
$$Q = Ca_4\sqrt{\frac{2g(h_1-h_4)}{1-(a_4/a_1)^2}} = CQ_t \qquad (8\text{-}10)$$

به کمک رابطه برنولی و معادله پیوستگی بین مقاطع ورودی و هر مقطع اختیاری دیگر می توان فشار ایده آل را در طول لوله ونتوری بصورت رابطه (9-10) بدست آورد.

$$\frac{h_n-h_1}{u_4^{\,2}/2g} = (\frac{a_4}{a_1})^2 - (\frac{a_4}{a_n})^2 \qquad (9\text{-}10)$$

شرح دستگاه و روش آزمایش :

در این آزمایش برای بررسی معادله برنولی از یک ونتوری متر استفاده می شود. شکل (2) نشان دهنده دستگاه ونتوری می باشد. در طول لوله ونتوری یازده پیزومتر جهت اندازه گیری فشار در نقاط مختلف ونتوری نصب شده است. توسط تلمبه کردن هوا از مسیری در بالای پیزومترها میتوان سطح آب در شاخه های پیزومتری را در مقیاس مدرج پشت آنها قرار داد. در ونتوری مترهائی که برای اندازه گیری دبی جریان بکار می روند. فقط دو پیزومتر یکی در ورودی و دیگری در گلوگاه ونتوری نصب میشود زیرا اندازه گیری دبی فقط بستگی به مقدار ارتفاع متناظر با فشار این دو مقطع دارد تغییرات دبی جریان توسط شیر کنترل در قسمت خروجی ونتوری انجام می گیرد.



m

شکل (2) دستگاه ونتوری متر

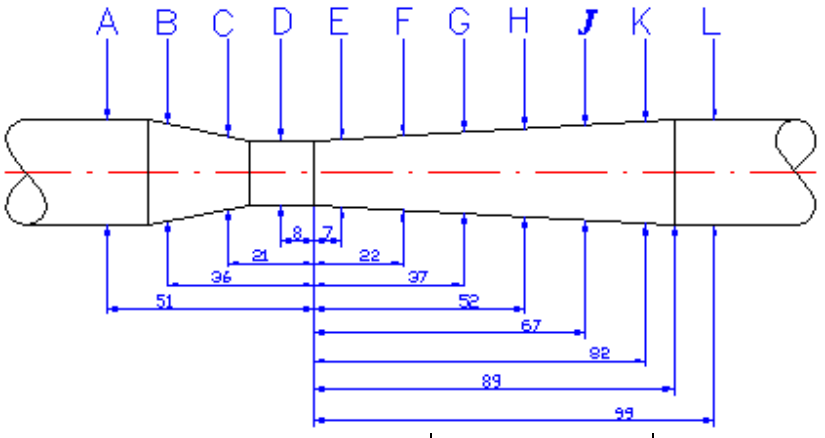
قبل از شروع آزمایش لازم است دستگاه تنظیم و تراز گردد. اولین مرحله آزمایش وقتی است که شیر کنترل جریان ونتوری باز باشد که سطح آب در پیزومتر اول در محدوده بالایی مقیاس و در پیزومتر چهارم (پیزومتر گلوگاه) در محدوده پائین مقیاس مدرج قرار گیرد.

مقدار دبی واقعی جریان توسط میز آزمایشگاهی قابل تعیین است. با تعیین h_1 , h_4و داشتن ابعاد ونتوری می توان مقدار دبی ایده آل(Qt) را از رابطه (۱-۷) بدست آورد. از مقایسه با دبی واقعی ونتوری در رابطه (۱-۸) می توان مقدار C را بدست آورد.

بهتر است آزمایش فوق در ده مرحله مرحله انجام داد. برای این منظور در هر مرحله شیرخروجی ونتوری را طوری می بندیم که مقدار $h_1 - h_4$ به اندازه 0.1 مقدار مرحله اول کاهش یابد.

برای تعیین توزیع فشار واقعی در طول لوله ونتوری و مقایسه آن با رابطه (۱ 9) بهتر است که هنگام انجام مراحل فوق در دو مرحله، تمام پیزومترها یادداشت شوند. انتخاب این مرحله بهتر است که در محدوده دبی های زیاد باشد. قطر لوله مقاطع مختلف ونتوری و محل انشعاب های پیزومترها در شکل (3) نشان داده شده است.

Piezometer Tube No.n	Diameter
A(1)	26.00
B	24
H	21.84
J	23.53
K	25.21
L	26



شکل (3) قطر مقطع مختلف محل پیزومترها بر حسب میلیمتر

با مشخص بودن مقاطع مختلف ونتوری، سرعت متوسط در هر مقطع محاسبه می گردد. فشار در مقاطع مختلف و در طول ونتوری توسط

پیزومترها قابل اندازه گیری است. با توجه به مبداء سنجش ارتفاع (که خطکش پشت پیزومترها است)، می توان گفت که ارتفاع آب داخل پیزومترها معرف $z + \frac{P}{\gamma}$ برای آن مقطع است. به این ترتیب می توان معادله برنولی را در روی این دستگاه به طور عملی تحقیق کرد.

۱۱ تونل باد

هدف آزمایش :

هدف از این آزمایش آشنایی با تونل باد و عملکرد آن و اندازه گیری و محاسبه ضریب دراگ (C_D) برای اجسام مختلف، مقایسه آنها و رسم منحنی تغییرات C_Dبرحسب عدد رینولدز می باشد.

تئوری آزمایش :

حل مسائل جریان حقیقی معمولاً شامل ترکیبی از اطلاعات تحلیلی و آزمایشی است. ابتدا حالت جریان فیزیکی حقیقی با مدل ریاضیکه حل آن ساده است تخمین زده می شود. سپس برای بررسی نتایج تحلیلی اندازه گیریهائی آزمایشی انجام می گیرد و از روی آن تحلیل اصلاح می شود. تحلیل ابعادی روش مهمی است که اغلب در دستیابی به این هدف به ما کمک می کند.

با استفاده از پارامترهای بی بعدی که بدست آورده می شود از حجم آزمایشهای لازم برای انجام مطالعه تجربی به مقدار زیادی کاسته می شود و نتایج بدست آمده از آزمایش برای تمامی جریانهایی که با جریان مورد آزمایش دارای تشابه

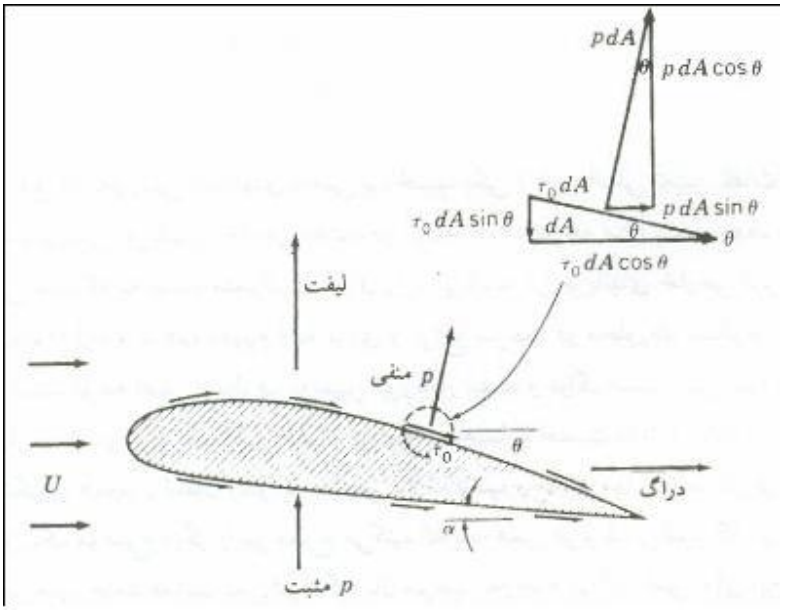
دینامیکی هستند معتبر خواهد بود. برخی از وسایلی که می توانند این شرایط را بوجودآورند عبارتنداز کانال آب، تونل باد و ... .

برای توصیف عملکرد تونل باد جسمی را در نظر بگیرید که در معرض جریان سیال قرار دارد.

سیال نیرویی به جسم وارد می کند طبق تعریف مؤلفه راستای حرکت این نیرو دراگ(Drag) و مؤلفه عمود بر آن لیفت(Lift) گفته می شود. در اینجا منظور از سرعت سیال، سرعت نسبی آن در هنگام نزدیک شدن به جسم است.

بر روی سطح جسم هم تنش فشاری اثر می کند و هم تنش برشی که هر دو در ایجاد نیروهای لیفت و دراگ سهیمند.

شکل (۱) این نیرو ها را نشان می دهد.



شکل (۱) نیروهای فشاری و برشی وارد به ایرفویل

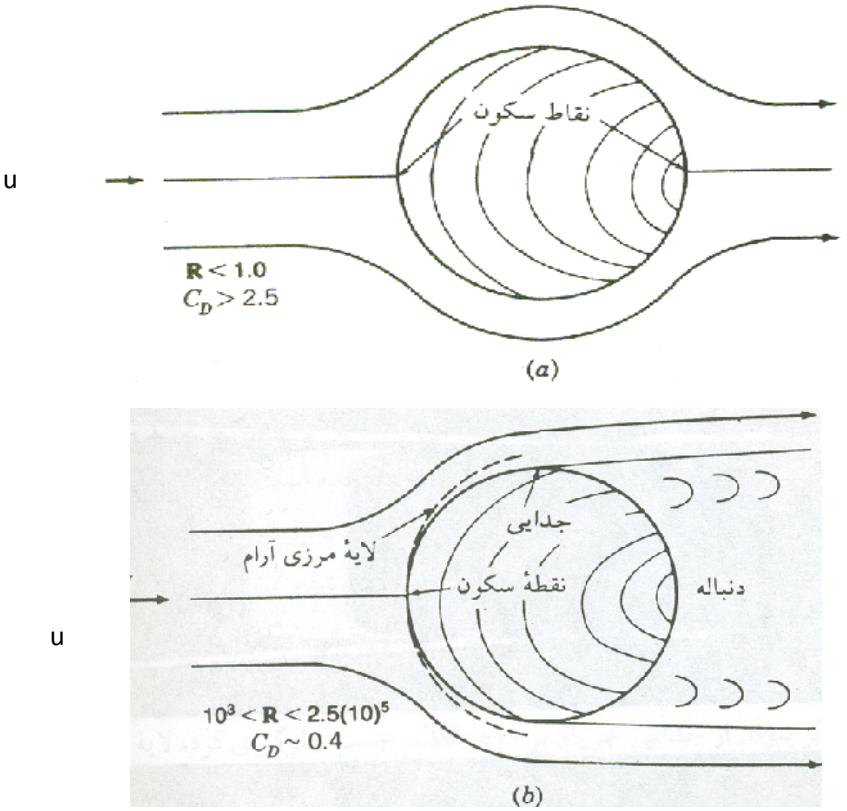
لیفت و و دراگ بر اثر کنش دینامیکی سیال متحرک ایجاد می شوند و نیروهایی مانند وزن و شناوری در آنها دخالتی ندارند.

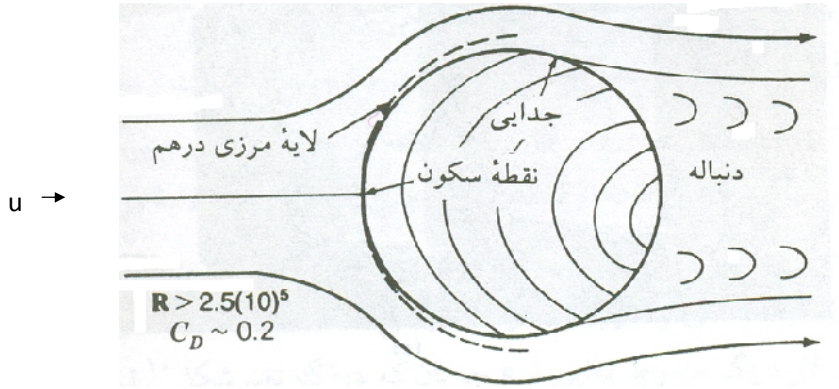
نیروی دراگ را می توان به صورت حاصلضرب ضریب دراگ (C_D) و فشار دینامیک، $\frac{\rho u^2}{2}$ بیان کرد.

$$D=C_D \frac{\rho u^2}{2} A \qquad (۱۹)$$

A تصویر سطح جسم روی صفحه ای عمود بر جریان سیال است.

برای روشن شدن موضوع جریان در پیرامون کره در اعداد رینولدز بسیار کوچک یعنی $\frac{\rho u D}{\mu}<1$ و برای اعداد رینولدز بزرگ و مقادیر ضریب دراگ، در شکل (۲)نشان داده شده است.

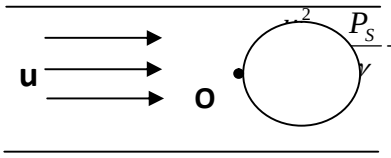




شکل (۲) جریا ن در پیرامون کره

همانطور که در شکل نشان داده شده است نقطه سکون جایی است که سرعت سیال در یک لحظه صفر شده و نقطه جدایی وقتی اتفاق می افتد که خط جریان از مرز جدا می شود.

برای بدست آوردن ضریب دراگ C_D بایستی سرعت سیال در هنگام نزدیک شدن به جسم مشخص باشد که می توان آن را با استفاده از رابطه برنولی بدست آورد.



$$\frac{P_S}{\gamma} + y = \frac{V_O^{\,2}}{2g} + \frac{P_O}{\gamma} + y_O \quad (۲\ ۹)$$

در نقطه O سیال برای یک لحظه به حالت سکون در می آید. P_S فشار استاتیکی و P_0 فشار سکون سیال می باشد.

$$U = \left[2g \left(\frac{P_0 - P_S}{\gamma} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (۳\ ۹)$$

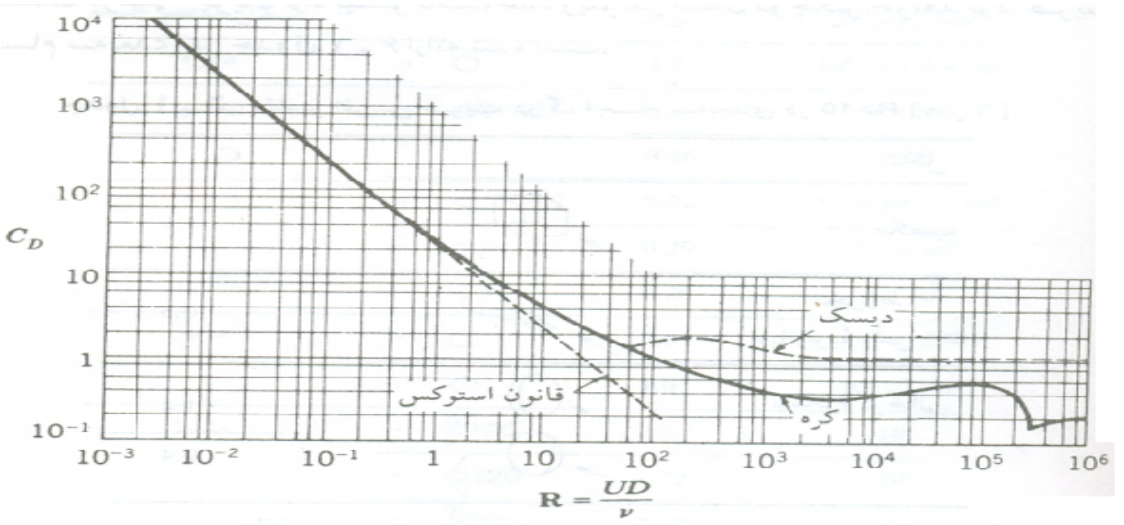
اگر رابطه فوق را بر حسب ارتفاع فشار Δh بیان کنیم خواهیم داشت :

$$u = \sqrt{2g\,\Delta h_{air}} \quad (۴\ ۹)$$

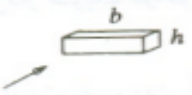
Δhاختلاف ارتفاعی که از لوله پیتوت خوانده می شود. این Δh برحسب میلی متر الکل می باشد و باید به میلی متر هوا تبدیل شود:

$$\Delta h_{air} = \frac{\Delta h_1 \times \gamma_1}{\gamma_{air}}$$

در شکل (۳) نمودار ضریب دراگ کره و دیسک بر حسب عدد رینولدز آورده شده است. برای سایر اجسام سه بعدی نیز مقادیر این ضریب در شکل (۴) ارائه شده است.



شکل (۳) نمودار ضریب دراگ کره و دیسک

شکل		C_D	
مکعب			1.1
مخروط (با زاویهٔ رأس 60°)			0.5
نیمکرهٔ توخالی			1.4
			0.4
صفحهٔ مستطیلی		b/h	
		1	1.18
		5	1.2
		10	1.3
		20	1.5
		∞	2.0
استوانه (جریان در امتداد محور استوانه)		l/D	
		0.5	1.15
		1	0.90
		2	0.85
		4	0.87
		8	0.99

شکل (۴) مقادیر تقریبی ضریب دراگ اجسام سه بعدی در R>10

شرح دستگاه و روش آزمایش :

همانطور که در شکل دستگاه دیده می شود تونل باداز بخش های همگرا، واگرا (نازل)، مقطع آزمایش و فن مکنده تشکیل شده است.

در انتهای نازل شبکه لانه زنبوری برای آرام کردن و جلوگیری از ایجاد اغتشاش هوای ورودی به کار می رود.در کل ساختار تونل باد به گونه ای است که در حد امکان جریان یکنواختی در مقطع آزمایش ایجاد می شود.

در مقطع آزمایش لوله پیتوت برای اندازه گیری اختلاف فشار سکون و استاتیکی (P_0-P_S) قرار داده شده است که طبق رابطه (۳-9) می توانسرعت سیال را محاسبه کرد. یک نیروسنج (Load Cell) نیز برای اندازه گیری نیروی دراگ قرار داده شده است.

قبل از شروع آزمایش می بایست دستگاه را تنظیم نمود. سپس آزمایش را در سه مرحله انجام داد. در مرحله اول نمونه کروی در مقطع آزمایش قرار میگیرد و در دبی های مختلف از هوا نیروی دراگ اندازه گیری می شود.

در مراحل دوم و سوم نمونه دوکی شکل و دیسک در سر راه هوا قرار داده شده و آزمایش تکرار می شود.