

به نام خدا

آزمایشگاه مکانیک سیالات

عنوان: آزمایش ضربه جت

مدرس: مجتبی برزویی

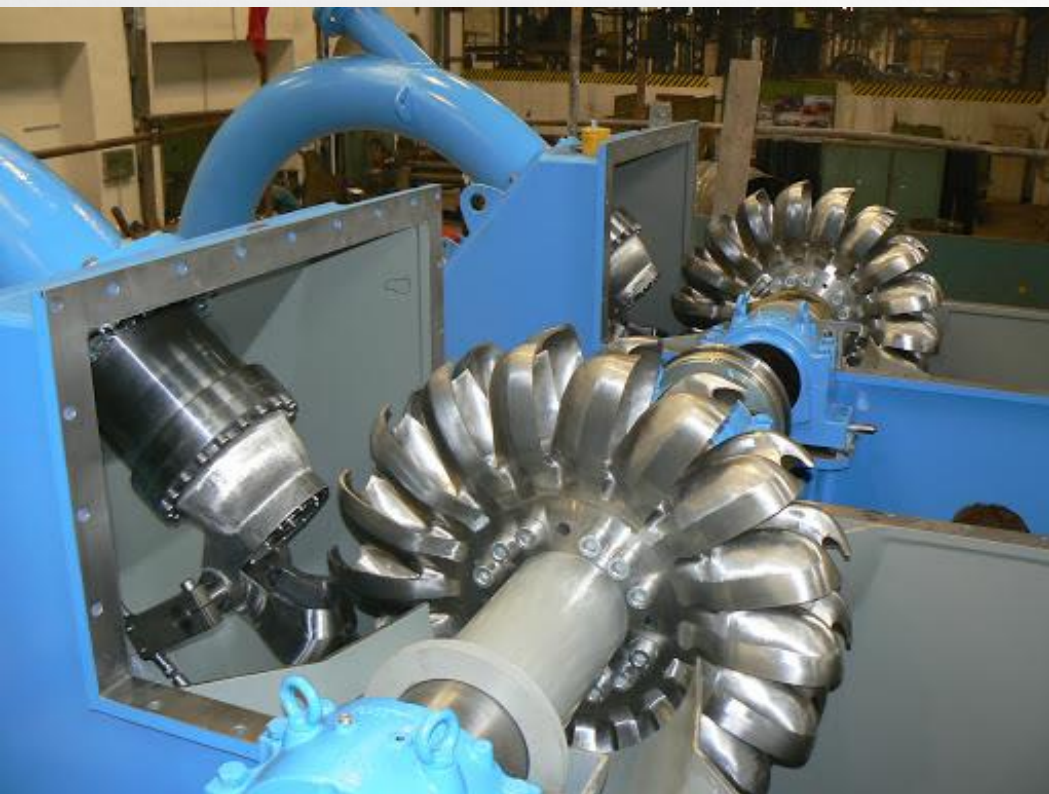
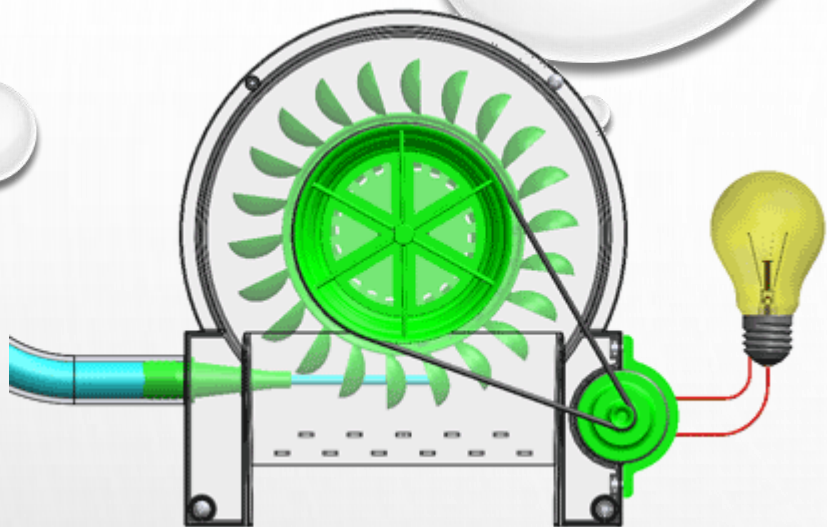
جلسه چهارم - ۹۹/۳/۱۲

آزمایش ضربه جت

❖ مقدمه

هرگاه سیالی با سرعت زیاد توام با فشار از روزنه ای خارج شده و تقریباً تا حدی به طور مستقیم حرکت کند، به آن جت گویند.

یکی از مسائل مورد مطالعه در مکانیک سیالات، بررسی نیروی ناشی از برخورد سیال متحرک به موانع می باشد. ازجمله موارد کاربرد پدیده مذکور استفاده از انرژی سیال تحت فشار برای تولید انرژی مکانیکی و الکتریکی است که به عنوان مثال می توان به کاربرد آن در توربین های آبی سد ها و توربین های بخار در نیروگاه های حرارتی اشاره کرد. یک نمونه دیگر آن برخورد جت آب به پره های چرخ پلتون است. نیروی حاصل از تغییرات مقدار حرکت (ممنتوم) خطی آب باعث به گردش در آمدن چرخ می شود.



آزمایش ضربه جت

❖ هدف

۱. تعیین نیروی جت آب در برخورد با مانع تخت و کروی
۲. مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایش با محاسبات تغییر ممنتوم

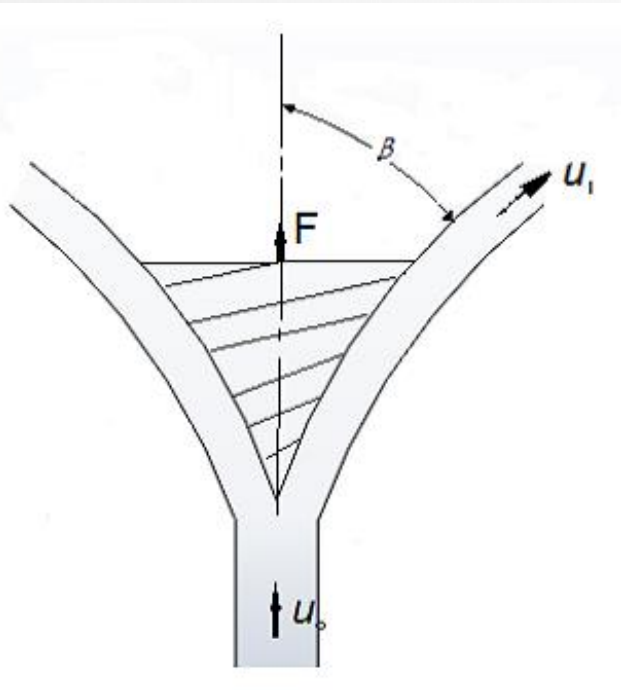
آزمایش ضربه جت

❖ تئوری آزمایش

هرگاه جت سیالی به پره ای برخورد کرده و منحرف شود، نیرویی ایجاد می شود که با نرخ تغییرات ممنتوم سیال متناسب است. این نیرو برابر با تفاضل ممنتوم های اولیه و نهایی سیال است. شکل روبرو را در نظر بگیرید که در آن ممنتوم جت ورودی $\dot{m}u_0$ است که در آن $\dot{m}$ دبی جریان و u_0 سرعت جت ورودی است. پس از اینکه سیال به اندازه ی زاویه ی β منحرف شد، ممنتوم در جهت جریان برابر $\dot{m}u_1 \cos \beta$ است. بنابراین نیروی وارده بر مانع که از تفاضل ممنتوم جریان قبل و بعد از برخورد بدست می آید برابر است با:

$$F_t = \dot{m}(u_0 - u_1 \cos \beta)$$

حال، نیروی F_t را برای دو حالت زیر بررسی می کنیم.



آزمایش ضربه جت

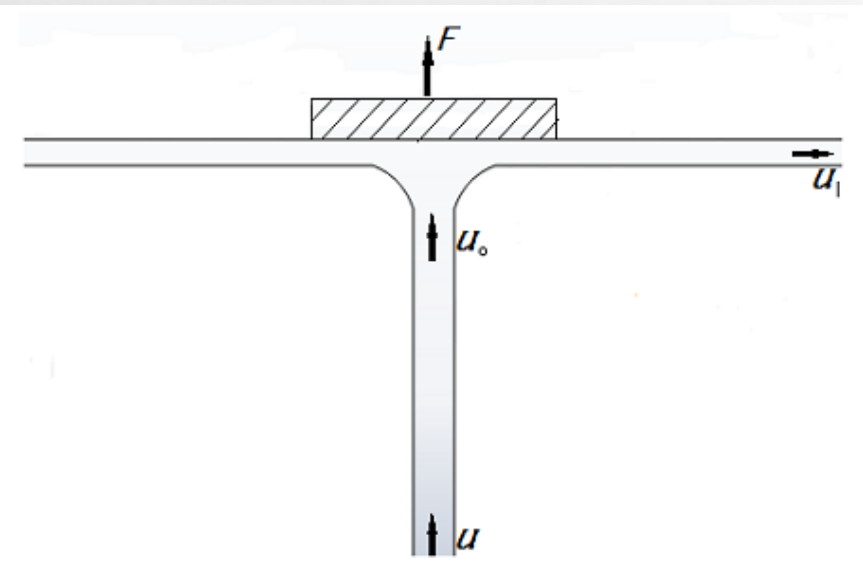
❖ تئوری آزمایش

▪ مانع تخت

در حالت صفحه مسطح، $\beta = 90^\circ$ است؛ در نتیجه $\cos \beta = 0$ خواهد بود و رابطه F_t به صورت زیر ساده می شود:

$$F_t = \dot{m}u_0$$

بنابراین نیروی وارد بر صفحه صاف مستقیماً از شار ممتوم جت محاسبه می شود و نیازی به اطلاع از سرعت نهایی جت نیست.



آزمایش ضربه جت

❖ تئوری آزمایش

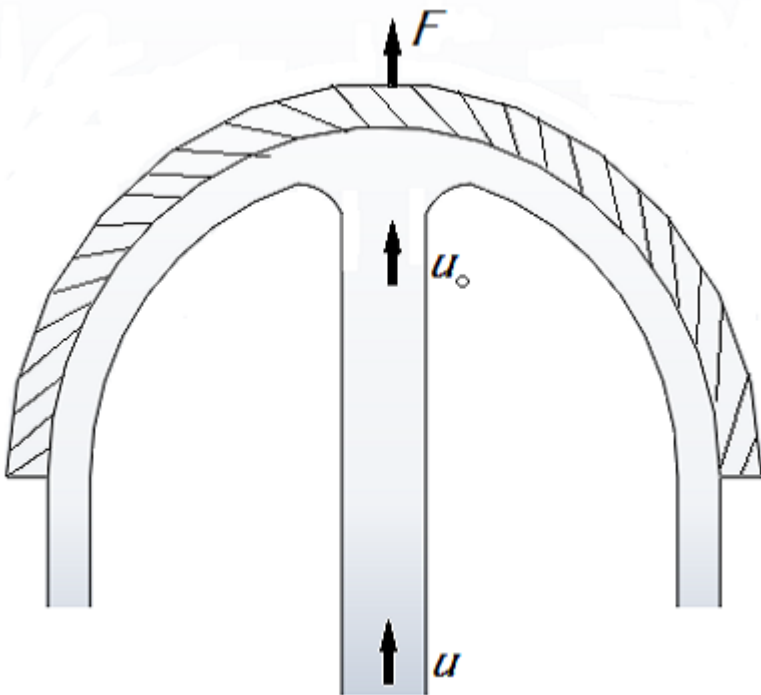
▪ نیم کره

در حالت نیم کره، $\beta = 180^\circ$ ؛ در نتیجه $\cos \beta = -1$ خواهد بود و رابطه F_t به صورت زیر ساده می گردد:

$$F_t = \dot{m}(u_0 + u_1)$$

اگر کاهش سرعت ناچیز باشد $u_0 = u_1$ است، بنابراین:

$$F_t = 2\dot{m}u_0$$



آزمایش ضربه جت

❖ تئوری آزمایش

▪ محاسبه سرعت لحظه برخورد

در وسیله ای که مورد آزمایش قرار می گیرد، اندازه گیری u_0 ممکن نیست، ولی سرعت u را می توان تعیین کرد. باتوجه به اثرات جاذبه و فاصله ی S بین سر نازل و محل برخورد جت آب به صفحه، سرعت u_0 را از رابطه ی زیر به دست می آوریم:

$$u_0^2 - u^2 = -2gs \rightarrow u_0 = \sqrt{u^2 - 2gs}$$

$u = \frac{4Q}{\pi d_{jet}^2}$; $d_{jet} = 10mm$

فاصله نازل تا مانع (s)	
نیمکره ای	تخت
۳۷ میلیمتر	۳۲ میلیمتر

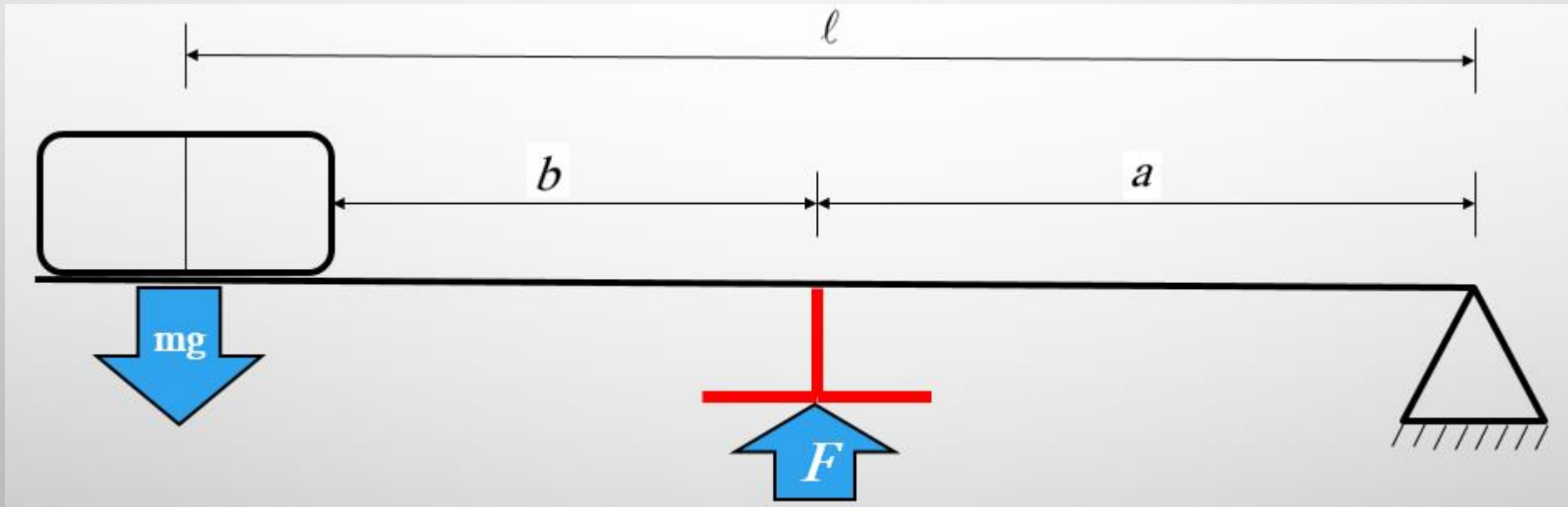
آزمایش ضربه جت

❖ تئوری آزمایش

▪ محاسبه نیروی جت واقعی

$$mg\ell = Fa \xrightarrow{\ell=a+b} mg(a+b) = Fa \Rightarrow F_{real} = mg(1 + b/a)$$

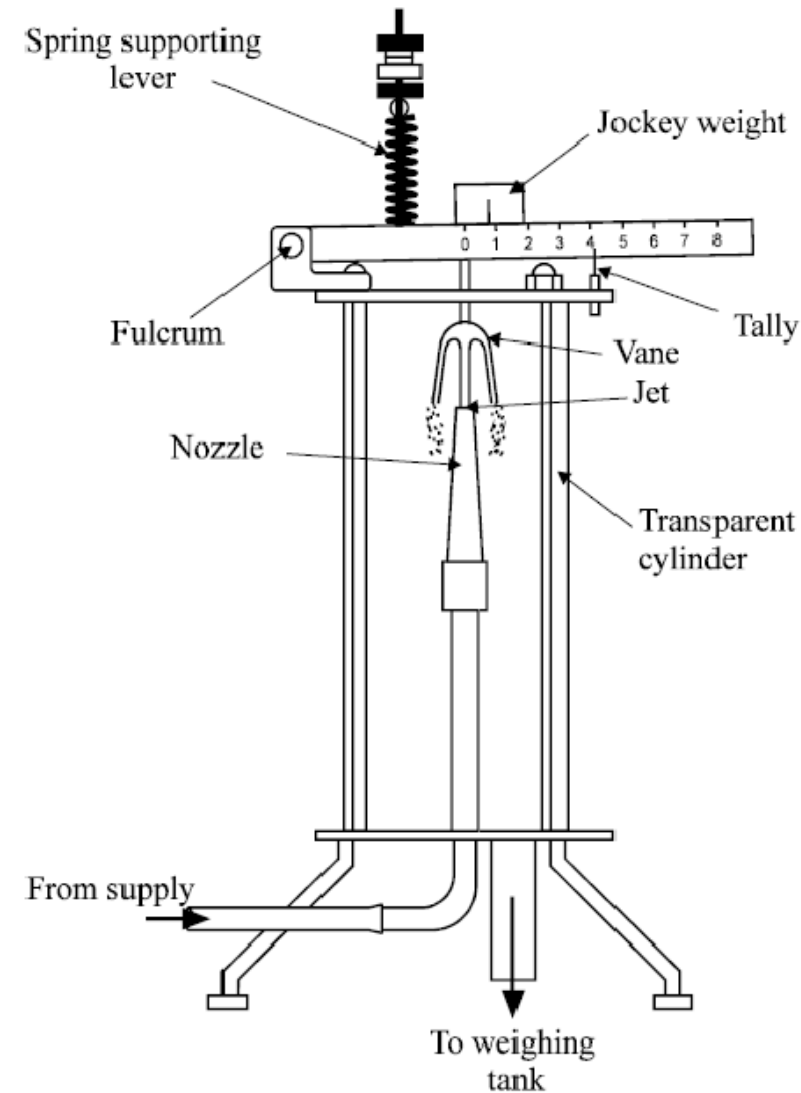
$$a \approx 175mm$$



آزمایش ضربه جت

❖ شرح دستگاه

قسمت اصلی دستگاه آزمایش ظرف استوانه ای شفاف است که توسط تکیه گاهی بر روی میز هیدرولیکی قرار می گیرد. در داخل ظرف استوانه ای، افشانی قرار دارد که از قسمت پایین ظرف استوانه ای، آب به آن وارد شده و پس از خروج از افشانک، جت آب خروجی به مانع مسطح یا نیمکره ای برخورد می کند. بر روی صفحه ی متصل به مانع مجموعه ی خط کش مدرج، وزنه ی تعادل و پیچ و فنر تنظیم قرار دارند که به تکیه گاهی متصل بوده و ممان نیروی حاصل از جت آب که به هر یک از صفحات وارد می شود حول این تکیه گاه قابل محاسبه است.



آزمایش ضربه جت

❖ روش انجام آزمایش

پیش از انجام آزمایش باید دستگاه را کالیبره کرد. برای این منظور، پس از تراز نمودن پایه های ست آپ، وزنه را در محل صفر خط کش قرار داده، سپس توسط پیچ تنظیم خط کش، خط کش را بر سنبه ی روی درپوش ست آپ مماس می کنیم. دستگاه هنگامی کالیبره خواهد شد که:

۱. وزنه ی تعادل روی موقعیت صفر خط کش مدرج قرار گیرد.
۲. خط کش مدرج در وضعیت کاملاً افقی قرار گیرد. در چنین وضعیتی خط کش، مماس بر سنبه روی درپوش قرار می گیرد.
۳. جت آب به صورت کاملاً عمودی به هر یک از موانع برخورد می کند.

آزمایش ضربه جت

❖ روش انجام آزمایش

پس از کالیبره شدن دستگاه، شیر کنترل جریان را باز کنید تا آب با دبی ماکزیمم به مانع برخورد کرده و ضمن اعمال نیرو بر آن، تعادل خط کش مدرج به هم بخورد که در اینصورت با جا به جا کردن وزنه ی تعادل در امتداد خط کش، آن را مجدداً به حالت افقی و وضعیت تعادل بازگردانید. پس از برقراری تعادل، فاصله ی موقعیت جدید وزنه ی تعادل را ثبت کنید و به طور همزمان به کمک تانک اندازه گیری، دبی مقدار جریان سیال را نیز اندازه گیری کنید. با بستن تدریجی شیر کنترل، دبی را کاهش دهید و در هر مرحله پس از برقراری تعادل، مقادیر دبی و فاصله را ثبت نموده و نتایج را در جدول ۲ ثبت کنید. آزمایش را از دبی ماکزیمم تا مینیمم در ۸ مرحله تکرار کنید. پس از انجام مراحل فوق پمپ را خاموش کنید و مانع مسطح را که در ابتدای این مرحله نصب کرده اید، خارج کرده و مانع نیمکره ای را نصب کنید و کلیه ی مراحل آزمایش را تکرار نموده و نتایج را در جدول زیر بنویسید.

$\forall [m^3]$	$t [s]$	$Q [m^3/s]$	$\dot{m} [\frac{kg}{s}]$	$b [m]$	$u [\frac{m}{s}]$	$u_0 [\frac{m}{s}]$	F_t	F_r
1								
⋮								
8								

آزمایش ضربه جت

❖ تمرین

۱. دلیل وجود اختلاف بین مقادیر بدست آمده برای نیروی واقعی و تئوری چیست؟
۲. با افزایش زاویه حمله جت آب، نیروی وارد بر مانع چه تغییری می کند؟
۳. چنانچه سطح مقطع نازل بصورت مربعی باشد، چه تغییری در نیروی وارد بر مانع رخ می دهد؟

پایان جلسه چهارم

خسته نباشد