

الحمد لله

به نام یکتا مهندس هستی...



سری عمران

درباره کلاس‌ها و آزمون‌های آزمایشی سری عمران بیشتر بدانیم

مؤسسه سری عمران از آغاز شکل‌گیری تاکنون (بیش از ۱۸ سال) با انجام فعالیت‌های آموزشی مختلف و ارائه خدمات متنوع در زمینه آزمون کارشناسی ارشد و دکتری، آزمون نظام مهندسی، آزمون کارشناس رسمی و آموزش نرم‌افزارهای مهندسی عمران، به عنوان برترین مؤسسه تخصصی عمران در سال‌های اخیر مطرح شده است. نشر کتاب‌های باکیفیت که منطبق بر علم روز دنیا می‌باشد، برگزاری کلاس توسط برترین اساتید کشور و نیز برگزاری کنکورهای آزمایشی استاندارد با بیشترین جامعه آماری، همگی سبب شده است تا اعتماد مهندسين عزيز به مؤسسه سری عمران بیشتر شده و هر روز تعداد بیشتری از شما عزیزان به خانواده بزرگ سری عمران اضافه شوید. عناوین ناشر نمونه سال ۹۱، ناشر تخصصی تقدیر شده در سال ۹۲، ناشر و برند منتخب سال ۹۳، برترین مؤسسه تخصصی در سال ۹۴، برترین برند آموزشی عمرانی کشور در سال ۹۵ و مؤسسه آموزشی برگزیده سال ۹۶ در جشنواره انفورماتیک ایران به منظور ارائه خدمات غیر حضوری (آنلاین و آفلاین)، و ناشر برگزیده در نمایشگاه بین‌المللی کتاب در سال ۹۷، ۹۹، ۱۴۰۱، ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ نتیجه اعتماد شما مهندسان عزیز به مؤسسه سری عمران می‌باشد.

امسال نیز همگام با سایر فعالیت‌های مؤسسه، برگزاری کلاس‌های آمادگی کنکور کارشناسی ارشد و دکتری به صورت آنلاین و آفلاین در دستور کار مؤسسه قرار دارد و علاوه بر آن با توجه به تجربه موفق آزمون‌های آزمایشی در سال‌های گذشته برگزاری کنکورهای آزمایشی مرحله‌ای و جامع جهت آمادگی هر چه بیشتر داوطلبین، مورد نظر مؤسسه می‌باشد. هدف مؤسسه سری عمران از برگزاری کلاس‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد، دکتری و برگزاری کنکورهای آزمایشی، ارتقاء سطح علمی دانشجویان و مهندسان و سپس موفقیت این عزیزان در آزمون است. برخی از ویژگی‌های این خدمات آموزشی که توسط سری عمران ارائه می‌شود به شرح زیر است:

الف) کلاس‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری (آنلاین و آفلاین)

- حضور برترین اساتید کشور
- تدریس کامل و جامع کلیه مطالب درسی، ارائه نکات کنکوری و راه حل‌های سریع جهت پاسخگویی به سؤالات کنکور، حل تست‌های متنوع تألیفی و بررسی سؤالات آزمون‌های سال‌های گذشته
- برگزاری آزمون‌های کلاسی منظم جهت حفظ آمادگی دانشجویان
- کلاس‌های حل تمرین حین دوره و یا پس از آن
- جلسات مشاوره و برنامه‌ریزی درسی توسط گروه مشاوران سری عمران

ب) کنکورهای آزمایشی آزمون کارشناسی ارشد

- طرح سؤالات استاندارد و منطبق بر مطالب و سرفصل‌های کنکورهای سراسری ده سال اخیر که طراحی آنها توسط برترین اساتید کشور صورت می‌گیرد.
 - شباهت فراوان سؤالات با سؤالات مطرح شده در کنکورهای سراسری و پیش‌بینی سؤالات احتمالی کنکور
 - بالاترین جامعه آماری در کل کشور (بیش از ۲۰۰۰ نفر)
 - ارائه خدمات جانبی پس از آزمون مثل مجله مشاوره‌ای، مصاحبه با رتبه‌های برتر و ...
 - حضور دانشجویان دانشگاه‌های برتر کشور در این آزمون‌ها
- جهت کسب اطلاعات بیشتر لطفاً با شماره تلفن‌های مؤسسه سری عمران ۸۸۳۰۰۴۷۴ - ۸۸۳۱۲۵۲۷ تماس حاصل نموده و یا به سایت www.serieomran.com مراجعه نمایید.



سخن مؤلف

مهمترین دغدغه داوطلبین آزمون کارشناسی ارشد پس از یادگیری مفاهیم درسی، ناتوانی در حل موثر تست‌ها در روز آزمون است. بحث کمبود وقت به هنگام حل تست‌ها، نگرانی ناشی از پیدا نکردن راه حل مناسب در مواجه شدن با سوالات جدید، به خاطر نیاوردن فرمولها و همچنین موضوع اشتباهات محاسباتی در جلسه آزمون، همواره ذهن آنها را به خود مشغول می‌کند. برای برطرف شدن این مشکلات و نگرانی ناشی از آنها، حل تعداد مناسبی سوالات چهارگزینه‌ای استاندارد با محوریت آزمون کارشناسی ارشد، می‌تواند بسیار مفید باشد و به داوطلبین این آزمون کمک نماید تا با حل سوالات مشابه و غیرمشابه و بررسی دقیق پاسخ‌های تشریحی، نقاط ضعف و اشتباهات خود را شناسایی کرده و با برطرف کردن آنها و تمرین و تکرار، بیشترین راندمان را در روز آزمون داشته باشند.

شما در جلد اول کتاب مکانیک سیالات، مطالب درسی و نکات کلیدی برای حل مسائل را با بیانی ساده و روان یاد گرفتید و علاوه بر این، حدود ۳۵۰ تمرین شامل سوالات تالیفی و تست‌های کنکور کارشناسی ارشد را نیز برای درک بهتر مطالب درسی حل کردید. در کتاب حاضر که جلد دوم کتاب مکانیک سیالات است، بانک تست جامعی از سوالات چهارگزینه‌ای مکانیک سیالات با بیش از ۵۵۰ تست در اختیار شما قرار دارد که ترکیبی از سوالات تالیفی و تست‌های کنکور کارشناسی ارشد عمران می‌باشد و دارای ویژگی‌های زیر است:

- ۱- طبقه بندی سوالات چهارگزینه‌ای بانک تست بر اساس فصل بندی مباحث جلد اول کتاب انجام شده است.
 - ۲- در انتهای تست‌های هر فصل، یک پاسخنامه تشریحی کامل و جامع متناسب با مطالب آموزش داده شده در جلد اول، ارائه شده است.
 - ۳- در پاسخنامه تشریحی، نکات کلیدی یادآوری شده و در اکثر موارد با آدرس دقیق به مطالب درسی در جلد اول ارجاع داده شده است.
 - ۴- در حل تمامی سوالات بانک تست (تست‌های تالیفی و تست‌های کنکور کارشناسی ارشد)، نیاز به استفاده از ماشین حساب نمی‌باشد.
- توصیه می‌شود قبل از حل تست‌های این کتاب (بانک تست)، ابتدا کتاب درسنامه جامع (جلد اول) را مطالعه نمایید. البته اگر به مفاهیم درسی تسلط دارید و هدفتان تبحر در تست‌زنی می‌باشد، می‌توانید از همین ابتدا به حل تست‌های کتاب بانک تست بپردازید.

در تهیه کتاب بانک تست، از همراهی و همکاری ارزشمند دوست گرامی جناب آقای مهندس حسین فراهانی بهره‌مند بوده‌ام و بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از ایشان صمیمانه ابراز می‌دارم. در طراحی و پاسخ تست‌ها تمام تلاش ممکن به کار گرفته شده است تا اثری مفید و کارآمد در اختیار دانشجویان و مهندسان گرامی قرار گیرد، با این حال بروز برخی کاستی‌ها دور از انتظار نیست. از این رو، از اساتید فرهیخته و مهندسان ارجمند درخواست می‌شود با ارسال نظرات خود به نشانی الکترونیکی serieomran@yahoo.com ما را در بهبود کیفیت کتاب یاری فرمایند.

امید است تلاش مجموعه سری عمران در تدوین و عرضه این کتاب، مورد رضایت و بهره‌برداری دانشجویان و مهندسان گرامی قرار گیرد.

موفق و پیروز باشید

ساسان امیرافشاری

فهرست

فصل اول

۸..... خواص سیالات و قانون لزجت نیوتن

فصل دوم

۳۴..... فشار و روش‌های اندازه‌گیری آن

فصل سوم

۵۲..... نیروی هیدرواستاتیک

فصل چهارم

۱۱۰..... تعادل نسبی

فصل پنجم

۱۴۰..... سینماتیک سیالات

فصل ششم

۱۶۶..... اصل انرژی و معادله برنولی

فصل هفتم

۲۰۰..... دینامیک سیالات و اصل اندازه حرکت

فصل هشتم

۲۳۸..... آنالیز ابعادی و قوانین تشابه در مدل‌سازی

فصل نهم

۲۶۰..... جریان سیال در مجاری تحت فشار و محاسبات افت انرژی در لوله‌ها



سری عمران

تست‌های فصل اول
خواص سیالات و قانون لزجت نیوتن



www.serieomran.com



تست‌های فصل اول



۱- ظرفی به حجم 500 cc را از مایعی به چگالی 0.8 پر کرده‌ایم. کدامیک از گزینه‌های زیر در توصیف این مایع

نادرست می‌باشد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

(۱) جرم مخصوص این مایع 0.8 ton/m^3 است.

(۲) مایع مورد نظر دارای وزن مخصوص 8 kN/m^3 می‌باشد.

(۳) جرم این مایع 500 گرم و حجم مخصوص آن $1/25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ است.

(۴) مایع مورد نظر دارای وزن 4 نیوتن می‌باشد.

۲- در شکل زیر سیالی با لزجت μ بین دو صفحه قرار دارد، به طوری که صفحه پائینی ثابت و صفحه بالایی با

سرعت V_0 حرکت می‌نماید. اگر توزیع سرعت بین این دو صفحه به صورت سهمی باشد، تنش برشی اعمال شده از

(سراسری - ۸۰)

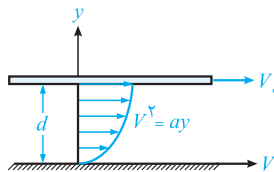
سیال بر صفحه متحرک کدام است؟ (a پارامتر ثابتی فرض شود)

$$(1) \quad 2\mu V_0 d$$

$$(2) \quad \mu \left(\frac{V_0}{d} \right)$$

$$(3) \quad 2\mu \left(\frac{V_0}{d} \right)$$

$$(4) \quad \frac{1}{2} \mu \left(\frac{V_0}{d} \right)$$

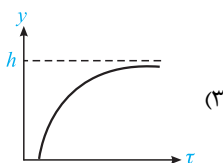
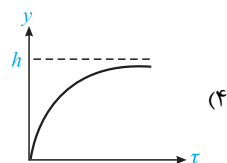
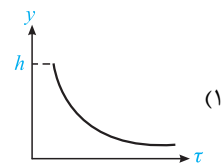
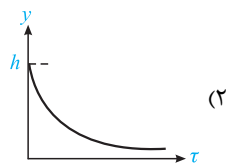


۳- یک صفحه بزرگ روی لایه‌ای به ضخامت h از روغن با لزجت μ نسبت به صفحه ساکن افقی با سرعت افقی ثابت

U حرکت می‌کند. اگر پروفیل سرعت نسبت به عمق این لایه، سهمی (درجه ۲) فرض شود، توزیع تنش برشی

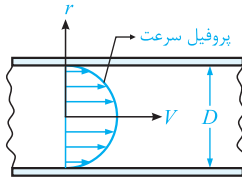
(سراسری - ۹۸)

بر حسب عمق لایه به کدام صورت است؟ (جریان آرام فرض شود)





۴- آب در لوله‌ای جریان دارد و پروفیل توزیع سرعت در مقطعی از لوله توسط رابطه $V = \frac{\beta}{4\mu} \left(\frac{D^2}{4} - r^2 \right)$ مشخص می‌شود. در این رابطه β مقداری ثابت، r فاصله شعاعی از محور لوله، D قطر لوله و V سرعت در فاصله r می‌باشد. تنش برشی وارد بر جدار لوله (τ_1) و تنش برشی در مرکز لوله (τ_2) چقدر می‌باشند؟



$$\tau_1 = \frac{\beta D}{4} \text{ و } \tau_2 = 0 \quad (1)$$

$$\tau_1 = 0 \text{ و } \tau_2 = \frac{\beta D}{4} \quad (2)$$

$$\tau_1 = \frac{\beta D}{4} \text{ و } \tau_2 = 0 \quad (3)$$

$$\tau_1 = 0 \text{ و } \tau_2 = \frac{\beta D}{4} \quad (4)$$

۵- در یک میدان جریان لزج غیرقابل تراکم با چشم پوشی از نیروی وزن، مؤلفه‌های سرعت به صورت زیر برقرار است. برای چه ترکیبی از ضرایب a ، b و c مقدار تنش برشی در نقطه $y = 0$ برابر صفر است؟ (a, b, c) ضرایب ثابت هستند.

$$u = ay - b \quad (cy - y^2) \quad \text{و} \quad v = w = 0$$

(سراسری - ۱۴۰۰)

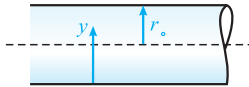
$$a = 2b \quad (2)$$

$$a = bc \quad (1)$$

$$a - bc = 2b \quad (4)$$

$$a + bc = 2b \quad (3)$$

۶- توزیع سرعت در لوله‌ای به صورت $u = 2y - 5y^2$ است (y بر حسب متر و u بر حسب متر در ثانیه). لزجت برابر ۱ نیوتن ثانیه بر متر مربع و شعاع r برابر ۰/۲۰ متر است. تنش برشی در دیواره لوله چقدر است؟ (سراسری - ۷۲)



$$1 \text{ پاسکال} \quad (1)$$

$$2 \text{ پاسکال} \quad (2)$$

$$\text{صفر} \quad (3)$$

$$1/5 \text{ پاسکال} \quad (4)$$

۷- سیالی با لزجت $\mu = 0.009 \text{ Pa.s}$ در لوله‌ای به قطر 10 cm جریان دارد. توزیع سرعت آن به صورت سهمی و دارای معادله $V = 0.15 \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$ می‌باشد که در آن، V بر حسب m/s و r فاصله شعاعی از مرکز لوله و R شعاع لوله

(سراسری - ۷۵)

است. تنش برشی وارده بر جدار لوله چند N/m^2 است؟

$$0.135 \quad (4)$$

$$0.054 \quad (3)$$

$$0.0135 \quad (2)$$

$$0.0054 \quad (1)$$

۸- یک صفحه شیشه‌ای متحرک به فاصله ۱ میلی‌متری از صفحه ثابت دیگری قرار دارد. بین دو صفحه از سیالی با جرم مخصوص 1000 kg/m^3 پر شده است. اگر نیروی لازم در واحد سطح برای حرکت صفحه متحرک با سرعت ثابت 0.1 m/s معادل 4 Pa باشد، ضریب لزجت سینماتیکی (ν) برابر چند m^2/s است؟ (سراسری - ۷۶)

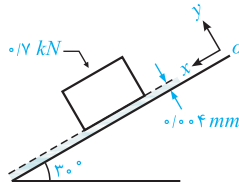
$$0.4 \quad (4)$$

$$0.02 \times 10^{-3} \quad (3)$$

$$0.04 \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$10^{-5} \quad (1)$$

۹- یک بلوک مکعبی به وزن 0.7 kN و طول ضلع 20 cm روی لایه نازکی از روغن به ضخامت 0.004 mm مطابق شکل بر یک سطح شیبدار می لغزد. اگر لزجت روغن 7×10^{-2} پواز باشد، سرعت حد بلوک چقدر خواهد بود؟



(۱) 0.5 m/s

(۲) 3 m/s

(۳) 5 m/s

(۴) 6 m/s

۱۰- در تست قبل چه نیرویی در راستای سطح شیبدار به بلوک مکعبی وارد شود تا با سرعت ثابت 6 m/s به سمت بالا حرکت کند؟

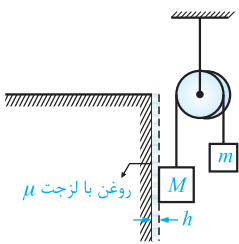
(۲) 770 N

(۱) 700 N

(۴) 350 N

(۳) 420 N

۱۱- در سیستم نشان داده شده در شکل مقابل، جرم M ($M > m$) در تماس با سطح قائمی که پوشیده از قشر نازکی روغن با ضخامت h و لزجت μ می باشد، به سمت پایین در حال حرکت است. اگر مساحت سطح تماس جرم M با دیواره باشد، حداکثر سرعت V در سیستم چقدر است؟



(۲) $V = \frac{Mgh}{\mu A}$

(۱) $V = \frac{mgh}{\mu A}$

(۴) $V = \frac{(M - m)gh}{\mu A}$

(۳) $V = \frac{(M + m)gh}{\mu A}$

۱۲- فاصله بین دو صفحه ثابت موازی، افقی و بی نهایت بزرگ، 25 میلی متر است که به وسیله مایعی با ویسکوزیته دینامیکی (لزجت دینامیکی) 0.6 Pa.s پر شده است. بین این دو صفحه، یک صفحه نازک به موازات صفحه های یاد شده به ابعاد 250×250 میلی متر با سرعت 0.16 متر در ثانیه و به فاصله 5 میلی متر از یکی از صفحات، در حال حرکت می باشد. با در نظر گرفتن تغییرات خطی برای سرعت بین صفحه متحرک و جداره ها، نیروی اصطکاک وارد بر دو طرف صفحه متحرک چند نیوتن می باشد؟

(۲) $1/5$

(۱) 1

(۴) $2/5$

(۳) 2

۱۳- دو سطح مسطح افقی به فاصله $2/4$ سانتی متر از یکدیگر به طور موازی قرار گرفته و فضای خالی بین آنها پر از روغن با لزجت دینامیکی 0.2 N.s/m^2 است. اگر یک صفحه نازک به مساحت سطح 0.5 مترمربع در وسط سطوح موازی افقی مذکور با سرعت 0.6 متر بر ثانیه کشیده شود، مقدار نیروی کششی لازم F ، برای به حرکت در آوردن صفحه متحرک مذکور چند نیوتن خواهد شد؟

(۲) 100

(۱) 1

(۴) 10

(۳) 0.1

(سراسری - ۱۳۹۱)

(سراسری - ۷۳)

۱۴- مطابق شکل زیر، صفحه‌ای به مساحت 60 cm^2 بین دو صفحه در حال سکون و موازی قرار گرفته و سیالی با لزجت μ (بر حسب Pa.s) فضای بین آنها را پر می‌کند. اگر قرار باشد صفحه مورد نظر با سرعت 2 m/s کشیده شود، با فرض خطی بودن پروفیل سرعت، نسبت $\frac{F}{\mu}$ چند m^2/s خواهد بود؟ (F نیروی وارد بر صفحه متحرک است.)



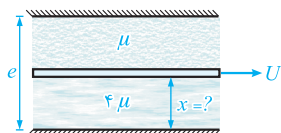
(۲) $7/5$

(۱) $2/5$

(۴) 20

(۳) 15

۱۵- یک ورق نازک مطابق شکل، بین دو سطح ثابت که به فاصله اندک e از یکدیگر قرار گرفته‌اند، حرکت داده می‌شود. اگر در یک طرف صفحه متحرک، روغن با ویسکوزیته μ و در طرف دیگر آن روغن با ویسکوزیته 4μ وجود داشته باشد، صفحه متحرک باید در چه فاصله‌ای از سطح پایینی قرار گیرد تا نیروی لازم جهت کشیدن آن با سرعت ثابت U حداقل شود؟ (سراسری - ۹۳)



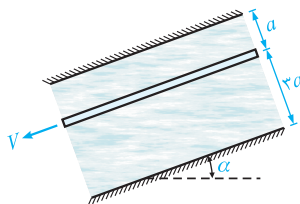
(۲) $\frac{4e}{5}$

(۱) $\frac{e}{3}$

(۴) $\frac{3e}{4}$

(۳) $\frac{2e}{3}$

۱۶- صفحه‌ای مطابق شکل بین دو سطح مستوی با سرعت ثابت V به سمت پائین حرکت می‌کند. فضای بین دو سطح مستوی با سیالی به لزجت μ پر شده است. اگر توزیع سرعت در هر دو قسمت جریان خطی بوده و سطح صفحه متحرک برابر A فرض شود، وزن این صفحه را محاسبه نمایید. (سراسری - ۷۲)



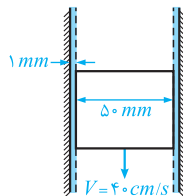
(۱) $W = \frac{\mu V A}{a \sin \alpha}$

(۲) $W = \frac{\mu V A}{3a \sin \alpha}$

(۳) $W = \frac{4\mu V A}{3a \sin \alpha}$

(۴) $W = \frac{2\mu V A}{3a \sin \alpha}$

۱۷- یک بلوک چوبی مکعبی به ضلع 50 mm و وزن مخصوص 6000 N/m^3 ، مطابق شکل بین دو صفحه موازی قرار دارد. سطح تماس بلوک چوبی و صفحات موازی، با قشری از روغن به ضخامت 1 mm پوشیده شده است. اگر بلوک مورد نظر با سرعت ثابت 40 cm/s به سمت پایین در حال حرکت باشد، ویسکوزیته سینماتیکی روغن چند cm^2/s است؟ (جرم مخصوص روغن 750 kg/m^3 می‌باشد.)



(۱) $2/5$

(۲) 5

(۳) $7/5$

(۴) 10

پاسخ تست‌های فصل اول

۱- (۳)

برای سیال با اطلاعات داده شده، موارد مطرح شده در گزینه‌ها را می‌یابیم:

$$S = \frac{\rho}{\rho_w} \Rightarrow 0.18 = \frac{\rho}{1} \Rightarrow \rho = 0.18 \text{ gr/cm}^3 = 1800 \text{ kg/m}^3 = 0.18 \text{ ton/m}^3 \quad (\text{گزینه ۱ صحیح است.})$$

$$\gamma = \rho g = 1800 \times 10 = 18000 \text{ N/m}^3 = 18 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{گزینه ۲ صحیح است.})$$

$$V_s = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1800} = 5.56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\gamma = \frac{W}{V} \Rightarrow 18000 = \frac{W}{5.56 \times 10^{-6}} \Rightarrow W = 4 \text{ N} \quad (\text{گزینه ۴ صحیح است.})$$

$$\rho = \frac{M}{V} \Rightarrow 0.18 = \frac{M}{5.56} \Rightarrow M = 400 \text{ gr} \quad (\text{گزینه ۳ غلط است.})$$

۲- (۴)

 چون در گزینه‌ها پارامتر a دیده نمی‌شود، بنابراین اول از همه بایستی این پارامتر را با استفاده از شرایط مرزی بیابیم. برای این کار معادله داده شده برای پروفیل سرعت را در نظر گرفته و می‌نویسیم:

$$V^2 = ay \Rightarrow V(y) = \sqrt{ay} \xrightarrow[y=V_*]{y=d} V_* = \sqrt{ad} \Rightarrow a = \frac{V_*^2}{d}$$

 که با جایگذاری مقدار a در عبارت $V(y)$ خواهیم داشت:

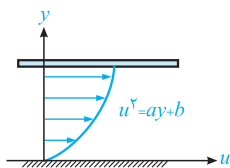
$$V(y) = \sqrt{\frac{V_*^2}{d} y} = V_* \sqrt{\frac{y}{d}}$$

حال با استفاده از قانون لزجت نیوتن تنش برشی وارد بر صفحه متحرک را می‌یابیم:

$$\tau(y) = \mu \frac{dV}{dy} = \mu \left(\frac{V_*}{\sqrt{d}} \times \frac{1}{2\sqrt{y}} \right) \xrightarrow[y=d]{y=d} \tau_{\text{صفحه متحرک}} = \mu \left(\frac{V_*}{\sqrt{d}} \times \frac{1}{2\sqrt{d}} \right) = \frac{1}{2} \mu \left(\frac{V_*}{d} \right)$$

۳- (۱)

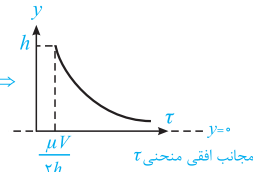
با توجه به اطلاعات صورت سؤال، ابتدا پروفیل توزیع سرعت را به صورت زیر مشخص می‌کنیم:



$$\Rightarrow \begin{cases} y=0 \rightarrow u=0 \Rightarrow b=0 \\ y=h \rightarrow u=V \Rightarrow a = \frac{V^2}{h} \end{cases} \Rightarrow u^2 = \left(\frac{V^2}{h} \right) y \quad \text{یا} \quad u = \left(\frac{V}{\sqrt{h}} \right) \sqrt{y}$$

و در ادامه با استفاده از قانون لزجت نیوتن، خواهیم داشت:

$$\tau = \mu \left(\frac{du}{dy} \right) = \mu \times \frac{V}{\sqrt{h}} \left(\frac{1}{2\sqrt{y}} \right) = \frac{\mu V}{2\sqrt{hy}} \quad \begin{cases} y \rightarrow 0 \Rightarrow \tau \rightarrow \infty \\ y=h \Rightarrow \tau = \frac{\mu V}{2h} \end{cases} \Rightarrow$$



بنابراین گزینه (۱) پاسخ صحیح این تست است.

برای محاسبه تنش برشی در جداره و مرکز لوله، از قانون لزجت نیوتن (رابطه مربوط به لوله‌ها) استفاده می‌کنیم:

$$\tau(r) = -\mu \frac{du}{dr}$$

مقدار $\frac{du}{dr}$ برای تابع توزیع سرعت داده شده برابر است با:

$$\frac{du}{dr} = \frac{d}{dr} \left[\frac{\beta}{4\mu} \left(\frac{D^2}{4} - r^2 \right) \right] = \frac{d}{dr} \left[-\frac{\beta r^2}{4\mu} \right] = -\frac{\beta r}{2\mu}$$

بنابراین تابع توزیع تنش برشی در لوله به صورت زیر خواهد بود:

$$\tau(r) = -\mu \frac{du}{dr} = -\mu \times \left(-\frac{\beta r}{2\mu} \right) = \frac{\beta r}{2}$$

حال می‌توان مقدار تنش برشی τ_1 در جدار لوله ($r = \frac{D}{2}$) و نیز تنش برشی τ_2 در مرکز لوله ($r = 0$) را به صورت

$$\tau_1 = \tau(r=\frac{D}{2}) = \frac{\beta D}{4}, \quad \tau_2 = \tau(r=0) = \frac{\beta \times 0}{2} = 0$$

زیر به دست آورد:

با توجه به اینکه $v = w = 0$ است، می‌توان نتیجه گرفت که جریان یک بعدی است. بنابراین طبق قانون لزجت نیوتن، رابطه محاسبه تنش برشی به صورت زیر خواهد بود:

$$\tau = \mu \dot{\gamma} = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)$$

حال در ادامه تنش برشی در $y = 0$ را مساوی صفر قرار داده و خواهیم داشت:

$$\tau = \mu \left(\frac{du}{dy} \right) \xrightarrow{y=0, \tau=0} \left(\frac{du}{dy} \right)_{y=0} = 0 \Rightarrow a - b(c - 2 \times y) = 0 \Rightarrow a = bc$$

برای حل این سؤال کافیست از قانون لزجت نیوتن استفاده کنیم:

$$\tau \Big|_{y=0} = 2 - 10 \times 0 = 2 \text{ Pa}$$

مشابه با تست‌های قبلی، برای به دست آوردن مقدار تنش برشی در جداره لوله، از قانون لزجت نیوتن استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} \tau = -\mu \left(\frac{du}{dr} \right) \\ \frac{du}{dr} = 0.115 \left(\frac{-2r}{R^2} \right) \xrightarrow{R=0.05 \text{ m}} \frac{du}{dr} = -120r \\ \mu = 0.009 \text{ Pa.s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \tau \Big|_{r=R=0.05} = -0.009 \times (-120 \times 0.05) = 0.054 \text{ N/m}^2$$

۸- (۲)

با در نظر گرفتن دیانگرام جسم آزاد صفحه و نوشتن رابطه تعادل نیروهای وارد بر آن، خواهیم داشت:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F = \tau A = \mu \left(\frac{V}{h} \right) A$$



$$\Rightarrow \mu = \frac{h \left(\frac{F}{A} \right)}{V} = \frac{0.001 \times 4}{0.1} = 0.04 \text{ Pa.s}$$

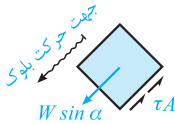
حال در ادامه می‌توان مقدار لزجت سینماتیکی سیال را نیز به صورت زیر به دست آورد:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.04}{1000} = 0.04 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

۹- (۳)

با نوشتن رابطه تعادل نیروها برای بلوک مکعبی در امتداد سطح شیبدار، خواهیم داشت:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow W \sin \alpha = \tau A \Rightarrow W \sin \alpha = \mu \left(\frac{V}{h} \right) A$$

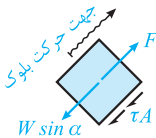


$$\Rightarrow V = \frac{W h \sin \alpha}{\mu A} = \frac{(0.17 \times 10^{-3})(0.004 \times 10^{-3})(\sin 30^\circ)}{(7 \times 10^{-3})(0.1^2)} = 5 \text{ m/s}$$

توجه: ۱ پواز معادل ۰/۱ پاسکال ثانیه است، بنابراین در حل این سؤال $\mu = 7 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ پواز $\mu = 7 \times 10^{-2}$ لحاظ شد.

۱۰- (۲)

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F = W \sin \alpha + \tau A \Rightarrow F = W \sin \alpha + \mu \left(\frac{V}{h} \right) A$$

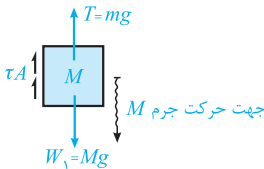


$$F = (0.17 \times 10^{-3})(\sin 30^\circ) + (7 \times 10^{-3}) \left(\frac{6}{0.004 \times 10^{-3}} \right) (0.1^2) = 350 + 420 = 770 \text{ N}$$

۱۱- (۴)

با نوشتن رابطه تعادل نیروها برای وزنه M در راستای قائم (y)، خواهیم داشت:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow W_y = T + \tau A \Rightarrow Mg = mg + \mu \left(\frac{V}{h} \right) A$$



$$\Rightarrow V = \frac{(M - m)gh}{\mu A}$$

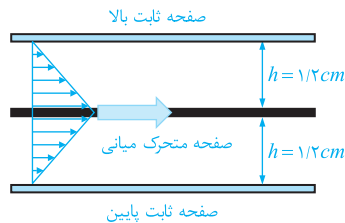
توجه: از نوشتن $\sum F_y = 0$ برای جرم m ، به سادگی $T = mg$ به دست می‌آید.

۱۲- (۲)

تنش‌های برشی از بالا و پایین صفحه به آن وارد شده و مانند نیروی اصطکاک در مقابل حرکت صفحه مقاومت می‌کنند. از این رو برای محاسبه نیروی اصطکاک یا همان نیروی مقاوم، خواهیم داشت:

$$F_{\text{مقاوم}} = (\tau A)_l + (\tau A)_r = \mu \frac{VA}{h_l} + \mu \frac{VA}{h_r} = \mu VA \left(\frac{1}{h_l} + \frac{1}{h_r} \right)$$

$$= 0.16 \times 0.16 \times 0.25^2 \times \left(\frac{1}{5 \times 10^{-3}} + \frac{1}{20 \times 10^{-3}} \right) = 1.5 \text{ N}$$



با توجه به اطلاعات صورت سوال و فرض خطی بودن پروفیل سرعت، شکل مسأله را به صورت مقابل ترسیم می‌کنیم:

در ادامه دیاگرام جسم آزاد صفحه متحرک میانی را ترسیم کرده و چون سرعت آن ثابت است، رابطه تعادل نیروها (قانون اول نیوتن) را در راستای افقی برای این صفحه می‌نویسیم:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F = \tau A + \tau A = 2\tau A$$



از طرفی طبق قانون لزجت نیوتن، تنش برشی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\tau = \mu \left(\frac{du}{dy} \right) \xrightarrow{\text{پروفیل سرعت خطی}} \tau = \mu \left(\frac{V}{h} \right) = 0.02 \times \left(\frac{0.06}{1/2 \times 10^{-2}} \right) = 1.0 \text{ Pa}$$

و در نهایت مقدار نیروی لازم برای حرکت صفحه میانی با سرعت ۰/۶ متر بر ثانیه برابر است با:

$$F = \tau A + \tau A = 2\tau A = 2 \times 1.0 \times 0.05 = 1.0 \text{ N}$$

با استفاده از رابطه تعادل نیروهای وارد بر صفحه می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 &\Rightarrow F = (\tau A)_1 + (\tau A)_2 = \mu \frac{VA}{h_1} + \mu \frac{VA}{h_2} \\ \Rightarrow \frac{F}{\mu} &= VA \left(\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right) = (2)(6 \times 10^{-4}) \left(\frac{1}{0.004} + \frac{1}{0.001} \right) = 15 \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

ابتدا با استفاده از رابطه تعادل نیروهای وارد بر صفحه میانی، نیروی F را بر حسب متغیر x می‌یابیم:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F = (\tau A)_1 + (\tau A)_2 = \mu_1 \frac{VA}{h_1} + \mu_2 \frac{VA}{h_2} = \mu \frac{UA}{e-x} + 4\mu \frac{UA}{x} = \mu UA \left(\frac{1}{e-x} + \frac{4}{x} \right)$$

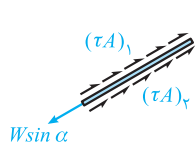
حال اگر بخواهیم F حداقل شود، باید از عبارت به دست آمده برای F ، نسبت به متغیر x مشتق گرفته و حاصل را برابر صفر قرار دهیم.

$$\frac{dF}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{1}{(e-x)^2} - \frac{4}{x^2} = 0 \Rightarrow \frac{1}{e-x} = \pm \frac{2}{x} \Rightarrow x = 2e, \quad x = \frac{2e}{3}$$

جواب $x = 2e$ عملاً غیر قابل قبول است، بنابراین فاصله صفحه متحرک از صفحه پایینی برابر $x = \frac{2e}{3}$ می‌باشد.

۱۶- (۳)

با نوشتن رابطه تعادل نیروها برای صفحه موردنظر در راستای سطح شیبدار، خواهیم داشت:



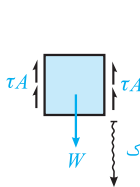
$$\sum F = 0 \Rightarrow W \sin \alpha = (\tau A)_n + (\tau A)_t = \mu \frac{VA}{h_n} + \mu \frac{VA}{h_t}$$

$$W \sin \alpha = \mu VA \left(\frac{1}{h_n} + \frac{1}{h_t} \right) = \mu VA \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{3a} \right) = \frac{4\mu VA}{3a}$$

$$\Rightarrow W = \frac{4\mu VA}{3a \sin \alpha}$$

۱۷- (۲)

با نوشتن رابطه تعادل نیروها برای بلوک مکعبی در امتداد قائم (y)، خواهیم داشت:



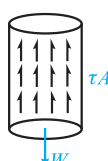
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow W = 2\tau \cdot A = 2\mu \left(\frac{V}{h} \right) A$$

$$\mu = \frac{W}{2VA} = \frac{(0.05^3 \times 8000)(0.001)}{(2)(0.04)(0.05)^2} = 0.375 \text{ Pa.s}$$

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.375}{750} = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 5 \text{ cm/s}$$

۱۸- (۴)

با نوشتن رابطه تعادل نیروها برای پیستون در امتداد قائم (y)، خواهیم داشت:

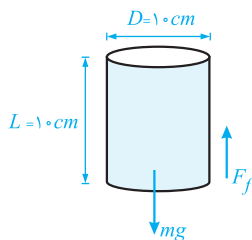


$$\sum F_y = 0 \Rightarrow W = \tau \cdot A = \mu \left(\frac{V}{h} \right) A$$

$$V = \frac{W}{\mu A} = \frac{\left[\gamma_s \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) L \right] \left[\frac{D-d}{2} \right]}{\mu (\pi d L)} = \frac{(D-d)d\gamma_s}{4\mu}$$

۱۹- (۳)

چون پیستون با سرعت ثابت به سمت پایین در حرکت است، بنابراین می‌توان رابطه تعادل نیروها در امتداد قائم را برای آن نوشته و به‌صورت زیر مسأله را حل کنیم:



$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F_y = 0 \Rightarrow F_f = mg \\ F_f = \tau \cdot A = \mu \left(\frac{V}{h} \right) A, A = \pi D L \\ mg = \rho g \nabla_{\text{حجم}}, \nabla_{\text{حجم}} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) h, \rho = 1 \text{ gr/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow (\mu) \left(\frac{0.2}{0.1 \times 10^{-3}} \right) (\pi \times 0.1 \times 0.1) = (1000)(10) \left(\frac{\pi \times 0.1^2}{4} \times 0.1 \right) \Rightarrow \mu = 1 \text{ kg/m.s}$$