

کد کنترل

709

A



709A



صبح جمعه

۹۷/۱۲/۳

دفترچه شماره (۱)



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
سازمان سنجش آموزش کشور

«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»  
امام خمینی (ره)

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌متمرکز) - سال ۱۳۹۸

رشته مهندسی هوا فضا - آیرودینامیک - کد (۲۳۳۱)

مدت پاسخ‌گویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

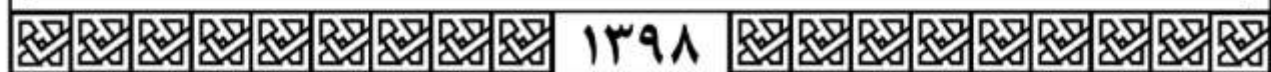
عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مجموعه دروس تخصصی: ریاضیات مهندسی - آیرودینامیک مادون صوت - جریان لزج پیشرفته ۱	۴۵	۱	۴۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با تخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.



۱۳۹۸

\* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... در جلسه این آزمون شرکت می‌نمایم.

امضا:

۱- جواب عمومی معادله دیفرانسیل جزئی  $U_{xy} + U_x = e^x \sin y$  کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{2}e^x \sin y - \frac{1}{2}e^x \cos y + c(y)$

(۲)  $\frac{1}{2}e^x \sin y - \frac{1}{2}e^x \cos y + c_1(x)e^{-y} + c_2(y)$

(۳)  $e^x \sin \frac{y}{2} - e^x \cos \frac{y}{2} + c(x)$

(۴)  $e^x \sin \frac{y}{2} - e^x \cos \frac{y}{2} + c_1 e^{-y} + c_2(y)$

۲- در مسئله مقدار اولیه - مرزی

$$\begin{cases} U_{tt} - U_{xx} = \sin^3(\pi x) & 0 < x < 1, t > 0 \\ U(0, t) = 0 = U(1, t) & t > 0 \\ U(x, 0) = 0, U_t(x, 0) = 0 \end{cases}$$

جوابی مستقل از زمان از معادله دیفرانسیل که در شرایط مرزی نیز صدق کند، کدام است؟

(۱)  $\frac{2}{\pi^3} \sin(\pi x) + \frac{1}{3\pi^3} \sin^3(\pi x)$

(۲)  $\frac{2}{\pi^3} \sin(\pi x) + \frac{1}{3\pi^3} \sin^3(\pi x)$

(۳)  $\frac{2}{3\pi^3} \sin(\pi x) + \frac{1}{9\pi^3} \sin^3(\pi x)$

(۴)  $\frac{2}{3\pi^3} \sin(\pi x) + \frac{1}{9\pi^3} \sin^3(\pi x)$

۳- توابع پایه برای معادله دیفرانسیل  $y'' + \lambda y = x^2$  کدام است؟

(۱)  $\sin k\pi x$

(۲)  $\cos k\pi x$

(۳)  $x, x^2, x^3, \dots$

(۴)  $1, x, x^2 - 1, \dots$

۴- تبدیل فوریه تابع  $u(x, t)$  نسبت به متغیر  $x$  برای معادله زیر کدام است؟

$$\begin{cases} U_t = U_{xx} & -\infty < x < \infty, t > 0 \\ U(x, 0) = f(x) & -\infty < x < \infty \end{cases}$$

(۱)  $i = \sqrt{-1}$  که در آن  $U(\omega, t) = F(\omega)e^{-i\omega t}$

(۲)  $i = \sqrt{-1}$  که در آن  $U(\omega, t) = F(\omega)e^{-i\omega^2 t}$

(۳)  $U(\omega, t) = F(\omega)e^{-\omega t}$

(۴)  $U(\omega, t) = F(\omega)e^{-\omega^2 t}$

۵- در معادله انتگرالی  $\int_0^\infty f(\lambda) \sin \lambda x d\lambda = \begin{cases} \cos x & 0 < x < \pi \\ 0 & x > \pi \end{cases}$  تابع  $f(\lambda)$  کدام است؟

(۱)  $\frac{2\lambda}{\pi(\lambda^2 - 1)}(1 + \cos \lambda \pi)$

(۲)  $\frac{2\lambda}{\pi(\lambda^2 - 1)}(1 - \cos \lambda \pi)$

(۳)  $\frac{\lambda}{\pi(\lambda^2 - 1)}(1 + \cos \lambda \pi)$

(۴)  $\frac{\lambda}{\pi(\lambda^2 - 1)}(1 - \cos \lambda \pi)$

۶- حاصل انتگرال  $\int_0^\pi \frac{d\theta}{2 - \cos \theta}$  کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{\pi\sqrt{3}}$

(۲)  $\frac{\sqrt{3}}{3}\pi$

(۳)  $\frac{\sqrt{3}}{\pi}$

(۴)  $2\pi$

۷- اگر  $A = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 1 \\ 5 & -1 & 4 \\ 2 & 5 & 3 \end{bmatrix}$  باشد. آنگاه مقادیر لاین تغییرهای (invariants) این ماتریس کدام است؟

(۱)  $\beta_1 = 5, \beta_2 = -19, \beta_3 = -42$

(۲)  $\beta_1 = -19, \beta_2 = 5, \beta_3 = +42$

(۳)  $\beta_1 = 5, \beta_2 = -42, \beta_3 = -19$

(۴)  $\beta_1 = -19, \beta_2 = 5, \beta_3 = -42$

۸- اگر  $A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$  باشد در این صورت  $A^3$  کدام است؟

(۱)  $A - 6I$

(۲)  $3A - 4I$

(۳)  $6A - I$

(۴)  $4A - 3I$

۹- جوابهای کدام معادله دیفرانسیل زیر برهم عمود هستند؟

(۱)  $(1 - x^2)y'' - 2xy' + n(n+1)y = 0$

(۲)  $y'' - 2xy' + n(n+1)y = 0$

(۳)  $(1 + x^2)y'' - 2xy' + n(n+1)y = 0$

(۴)  $y'' + 2xy' + n(n+1)y = 0$

۱۰- اگر  $G = \begin{bmatrix} (\bar{u}_1, \bar{u}_1) & (\bar{u}_1, \bar{u}_2) & (\bar{u}_1, \bar{u}_3) \\ (\bar{u}_2, \bar{u}_1) & (\bar{u}_2, \bar{u}_2) & (\bar{u}_2, \bar{u}_3) \\ (\bar{u}_3, \bar{u}_1) & (\bar{u}_3, \bar{u}_2) & (\bar{u}_3, \bar{u}_3) \end{bmatrix} = 0$  باشد، در این صورت بردارهای  $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3$  چگونه هستند؟

(۱) وابسته خطی

(۲) مستقل خطی

(۳) برهم عمود

(۴) می توانند مستقل خطی باشند

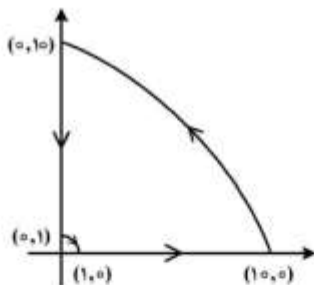
۱۱- میدان سرعت جریان  $u = -\frac{Cy}{x^2 + y^2}$  و  $v = \frac{Cx}{x^2 + y^2}$  را با  $C$  ثابت در نظر بگیرید. مقدار گردش ( $\Gamma$ ) کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{\pi}{4}$

(۳)  $\frac{\pi}{2}$

(۴)  $\pi$



۱۲- مرکز آیرودینامیکی در یک مقطع ایرفویل نازک با افزایش عدد ماخ به کدام سمت جابه جا می شود؟

(۱) از  $\frac{C}{2}$  به سمت  $\frac{C}{4}$

(۲) از  $\frac{C}{4}$  به سمت  $\frac{C}{2}$

(۳) از  $\frac{C}{4}$  به سمت LE (لبه حمله)

(۴) از LE (لبه حمله) به سمت  $\frac{C}{4}$

۱۳- چنانچه ضریب منظری بالی با حفظ مساحت آن از مقدار ۶ به ۱۰ و فاکتور پسای القایی از  $\delta_1 = 0.1$  به  $\delta_2 = 0.2$  تغییر کند، مقدار ضریب پسا چند برابر می شود؟

(۱) ۰.۶۵

(۲) ۰.۹۵

(۳) ۱/۲

(۴) ۱/۵

۱۴- در آزمون تونل باد روی ایرفویل، در  $M_\infty = 0.6$  مقدار  $cl_\alpha = 6 \text{ rad}^{-1}$  به دست آمده است. با استفاده از قانون پرائتل گلارت مقدار  $c_{l\alpha}$  در  $M_\infty = 0.8$  برحسب  $\text{rad}^{-1}$  کدام است؟

- (۱) ۲/۸۸ (۲) ۴/۸۶ (۳) ۶ (۴) ۸

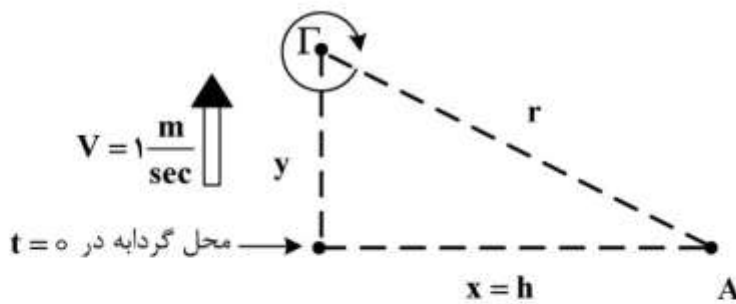
۱۵- در رابطه با تئوری ایرفویل نازک کدام جمله صحیح است؟

- (۱) صفحه گردابه بر روی وتر ایرفویل قرار می گیرد به طوری که وتر خط جریان باشد.  
 (۲) صفحه گردابه بر روی خط انحناى ایرفویل قرار می گیرد به طوری که وتر نیز خط جریان باشد.  
 (۳) صفحه گردابه بر روی وتر ایرفویل قرار می گیرد به طوری که خط انحناى ایرفویل خط جریان باشد.  
 (۴) صفحه گردابه بر روی خط انحناى ایرفویل قرار می گیرد به طوری که خط انحنا خط جریان باشد.
- ۱۶- اگر توزیع گردش روی بالی با طول وتر متوسط  $20 \text{ ft}$  به صورت زیر باشد، ضریب برآی بال در سرعت جریان آزاد

$$\Gamma(y) = 300 \left(1 - \frac{4y^2}{b^2}\right) \frac{\text{ft}}{\text{sec}}$$

- (۱) ۰/۱  
 (۲) ۰/۲  
 (۳) ۰/۳  
 (۴) ۰/۴

۱۷- فرض کنید گردابه‌ای با سرعت  $1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  در جهت  $y$  در حالت حرکت است. اگر قدرت گردابه  $\Gamma = 2\pi \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$  باشد، معادله سرعت القا شده در نقطه A برحسب زمان کدام است؟ ( $h = 1 \text{ m}$ )



- (۱)  $\frac{1}{\sqrt{1+t}}$   
 (۲)  $\frac{1}{\sqrt{2t+1}}$   
 (۳)  $\frac{1}{\sqrt{1+t^2}}$   
 (۴)  $\frac{1}{\sqrt{t+t^2}}$

۱۸- شیب منحنی برآ در حالت سه بعدی براساس کدام رابطه قابل محاسبه است؟ ( $a_0$  شیب ضریب برآ دو بعدی می باشد)

$$(۱) \frac{a_0}{1 + \frac{1}{\pi AR}(1 + \tau)}$$

$$(۲) \frac{a_0}{1 + \frac{a_0 \tau}{\pi AR}}(1 + \tau)$$

$$(۳) \frac{a_0}{1 + \frac{a_0}{\pi AR}(1 + \tau)}$$

$$(۴) \frac{a_0}{1 + \frac{a_0}{\pi AR}}(1 + \tau)$$

۱۹- کدام عبارت توصیف شرط کوتاه نیست؟

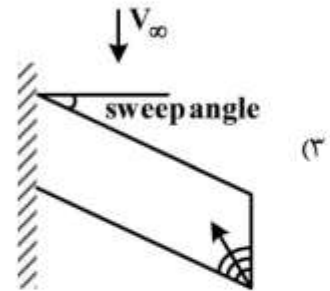
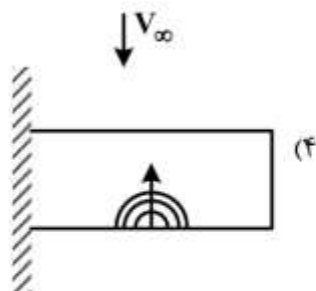
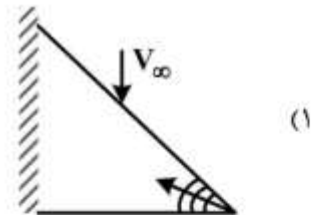
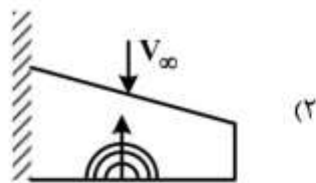
(۱) سرعت در محل TE زاویه دار برابر صفر است.

(۲) قدرت گردابه در محل TE برابر صفر است.

(۳) بردار سرعت در محل TE هم راستا با نیمساز زاویه TE است.

(۴) قدرت گردابه در محل TE وابسته به زاویه حمله است.

۲۰- ناحیه شروع واماندگی ایرودینامیکی در کدام شکل بال صحیح ترسیم نشده است؟

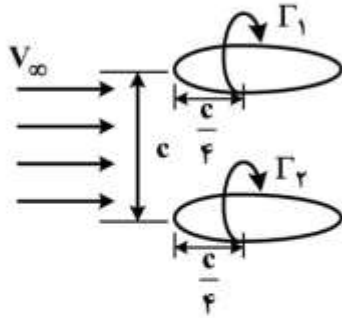


۲۱- گردابه های نوک بال یک هواپیما، در پایین دست بال به کدام سمت حرکت می کنند. اگر این هواپیما به صورت وارونه پرواز کند (با فرض پرواز مستقیم)، گردابه های نوک بال در پایین دست به کدام سمت حرکت خواهند کرد؟ (منظور از پایین حرکت به سمت زمین می باشد.)

- (۱) پایین، بالا (۲) پایین، پایین (۳) بالا، پایین (۴) بالا، بالا

۲۲- برای چیدمان ایرفویل‌های شکل زیر که در آنها مقدار گردش ثابت یعنی  $\Gamma_1 = \Gamma_2$  باشد، مقدار  $C_{\ell_1}$  (ضریب

نیروی برآ در ایرفویل بالایی) کدام است؟



$$C_{\ell_1} = \frac{2}{V_{\infty} c} \Gamma_1 + \frac{\Gamma_1 \Gamma_2}{V_{\infty}^2 \pi c^2} \quad (1)$$

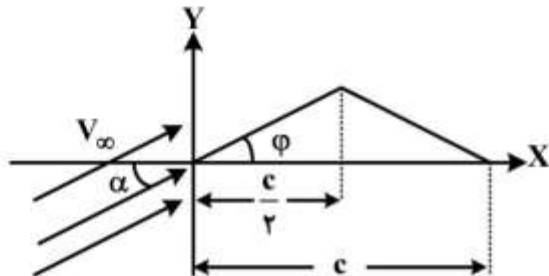
$$C_{\ell_1} = \frac{V_{\infty} c}{2} \Gamma_1 + \frac{\Gamma_1 \Gamma_2}{V_{\infty}^2 \pi c^2} \quad (2)$$

$$C_{\ell_1} = \frac{\Gamma_1}{V_{\infty} c} + \frac{2 \Gamma_1 \Gamma_2}{V_{\infty}^2 \pi c^2} \quad (3)$$

$$C_{\ell_1} = \frac{\Gamma_1}{V_{\infty} c} + \frac{\Gamma_1 \Gamma_2}{V_{\infty}^2 \pi c^2} \quad (4)$$

۲۳- به کمک تئوری ایرفویل نازک برای ایرفویل داده شده شکل زیر کدام پاسخ صحیح است؟  $\alpha$  و  $\varphi$  بر حسب

رادیان)



$$C_{\ell} = 2\pi\alpha - 2\varphi \quad (1)$$

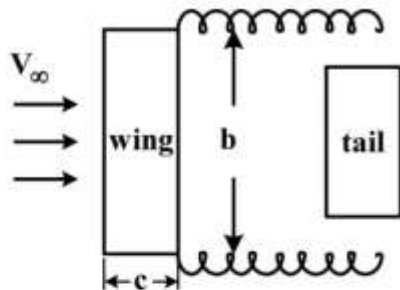
$$C_{\ell} = 2\pi\alpha + 4\varphi \quad (2)$$

$$C_{\ell} = 2\pi\alpha - 4\varphi \quad (3)$$

$$C_{\ell} = 2\pi\alpha + 2\varphi \quad (4)$$

۲۴- برای چیدمان بال و دم مستطیلی شکل زیر، کدام عبارت در مورد مقایسه فروزش (downwash) بال و دم

صحیح تر است؟



(۱) فروزش دم تقریباً دو برابر فروزش بال است.

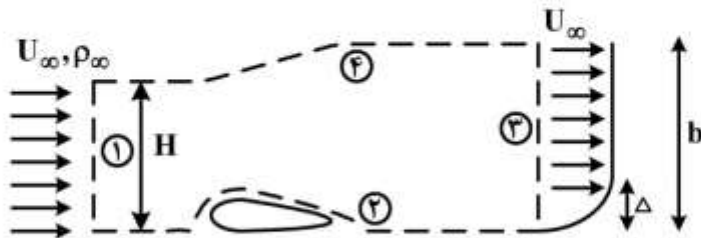
(۲) فروزش دم کوچکتر از فروزش بال می‌باشد.

(۳) فروزش دم تقریباً مساوی فروزش بال می‌باشد.

(۴) فروزش دم می‌تواند بزرگتر یا کوچکتر از فروزش بال باشد.

۲۵- ارتفاع سطح خروجی (۳) چه نسبتی با ارتفاع ورودی (۱) دارد؟ سرعت ورودی یکنواخت و رابطه جریان تراکم ناپذیر است.

$$u(y) = \begin{cases} V_{\infty} y^2 / \Delta^2 & \text{for } y < \Delta \\ V_{\infty} & \text{for } y > \Delta \end{cases}$$



(۱)  $H + \frac{1}{3}\Delta$

(۲)  $H - \frac{1}{3}\Delta$

(۳)  $H + \frac{2}{3}\Delta$

(۴)  $H - \frac{2}{3}\Delta$

۲۶- برای ایرفویلی نازک در زاویه حمله  $\alpha$  و با وتر  $c$  اگر  $\gamma(\theta) = 2\alpha V_{\infty} \frac{1 + \cos \theta}{\sin \theta}$  و  $\Gamma = \int_0^c \gamma(\xi) d\xi$  باشد، نیروی برآ کدام است؟

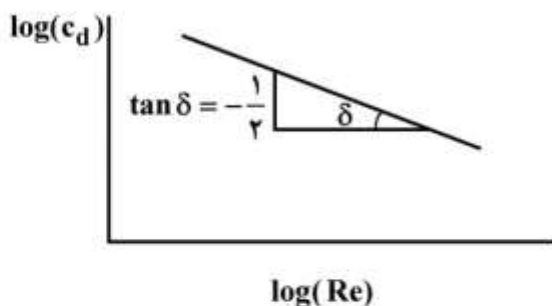
(۱)  $L' = \frac{1}{4} \pi \alpha c \rho V_{\infty}^2$

(۲)  $L' = \frac{1}{2} \pi \alpha c \rho V_{\infty}^2$

(۳)  $L' = \pi \alpha c \rho V_{\infty}^2$

(۴)  $L' = 2\pi \alpha c \rho V_{\infty}^2$

۲۷- تغییرات  $c_d$  با  $Re$  برای یک ایرفویل به شکل زیر داده شده است، اگر سرعت جریان ۴ برابر شود با فرض جریان تراکم ناپذیر و  $\mu$  ثابت مقدار نیروی پسا چند برابر می شود؟



(۱)  $\frac{1}{2}$

(۲) ۲

(۳) ۴

(۴) ۸

۲۸- کدام یک از عبارات زیر بیانگر تشابه رینولدز (رابطه بین ضریب اصطکاک، عدد پراتل و استانتون) در جریان لایه مرزی آرام روی صفحه تخت است؟

(۱)  $St. pr = \frac{c_f}{2}$       (۲)  $St. pr^{\frac{1}{2}} = \frac{c_f}{2}$       (۳)  $St^{\frac{1}{2}} pr = \frac{c_f}{2}$       (۴)  $St. pr^{\frac{2}{3}} = \frac{c_f}{2}$

۲۹- کدام یک از عبارات زیر بیانگر لزجت گردابه‌ای است؟

(۱)  $\rho \ell \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right|$       (۲)  $\rho \ell^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right|$       (۳)  $\rho \ell \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right|^2$       (۴)  $\rho \ell^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right|^2$

۳۰- تغییر ضریب هدایت حرارتی و پراختل نسبت به افزایش دما در جریان لایه مرزی آرام هوا روی یک صفحه تخت در فشار یک اتمسفر به ترتیب چگونه است؟

(۱) نزولی، نزولی (۲) نزولی، تقریباً ثابت (۳) صعودی، تقریباً ثابت (۴) صعودی، صعودی

۳۱- ماتریس مشتقات میدان سرعت یک جریان سه بعدی به صورت زیر است.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix}$$

اگر مجموع جملات قطر اصلی این ماتریس برابر صفر باشد و درایه‌های دو طرف قطر اصلی مساوی و منفی هم باشند، این جریان چگونه است؟

(۱) تراکم‌ناپذیر، چرخشی (۲) تراکم‌پذیر، چرخشی

(۳) تراکم‌ناپذیر، غیرچرخشی (۴) تراکم‌پذیر، غیرچرخشی

۳۲- جریان لایه مرزی آرام روی صفحه تخت به طول  $50 \text{ cm}$  را در نظر بگیرید. اگر چگالی و سرعت جریان آزاد به-

ترتیب برابر با  $1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  و  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشند و همچنین ضخامت مومنوم در انتهای صفحه تخت برابر با  $1 \text{ mm}$  باشد،

نیروی پسای وارد بر صفحه چند نیوتن است؟

(۱)  $0.1$  (۲)  $0.5$  (۳)  $0.1$  (۴)  $0.05$

۳۳- کدام گروه از مسایل زیر به ترتیب در جریان لزج آرام، دارای حل تشابهی (Similarity solution) هستند؟

( $\rho$  و  $\mu$  ثابت)

(۱) جریان حول نقطه سکون، جریان حول گوه، جریان در مجاورت دیسک چرخان

(۲) جریان لایه مرزی صفحه تخت همراه با مکش، جریان حول استوانه، جریان در مجاورت دیسک چرخان

(۳) جریان حول نقطه سکون، جریان حول گوه، جریان حول استوانه

(۴) جریان لایه مرزی صفحه تخت همراه با مکش، جریان حول ایرفویل، جریان حول گوه

۳۴- پروفیل سرعت جریان لایه مرزی آشفته توسط رابطه  $\frac{u}{u_\infty} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^m$  داده شده است. نسبت  $\frac{\theta}{\delta}$  کدام است؟

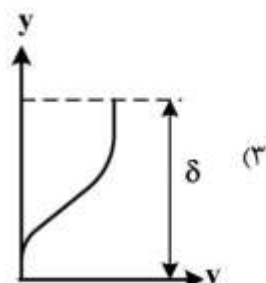
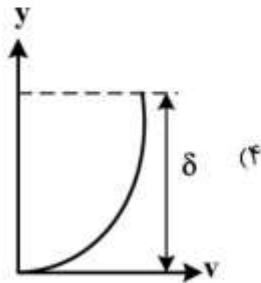
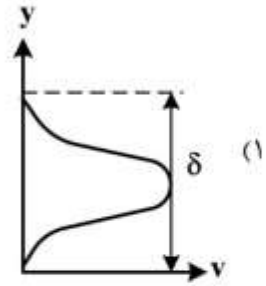
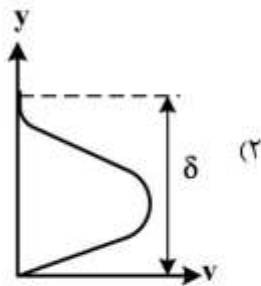
(۱)  $\frac{1}{m(m+1)}$

(۲)  $\frac{1}{m(m+2)}$

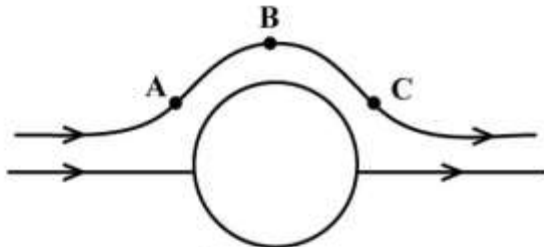
(۳)  $\frac{1}{(m+1)(m+2)}$

(۴)  $\frac{m}{(m+1)(m+2)}$

۳۵- پروفیل مؤلفه سرعت عمودی (v) جریان لایه مرزی روی صفحه تخت کدام است؟



۳۶- جریان خزشی حول یک کره را در نظر بگیرید. کدام گزینه برای اندازه سرعت نقاط A، B و C نسبت به جریان آزاد صحیح است؟



(۱)  $u_C, u_B, u_A < u_\infty$

(۲)  $u_A = u_C > u_\infty, u_B < u_\infty$

(۳)  $u_A = u_C < u_\infty, u_B > u_\infty$

(۴)  $u_A = u_C > u_\infty, u_B > u_\infty$

۳۷- کدام روش‌های زیر می‌توانند شرایط انتقال (Transition) جریان هوا روی صفحه تخت را به تأخیر اندازند؟

(۲) گرمایش سطح، کاهش زبری سطح

(۱) سرمایش سطح، مکش جریان

(۴) گرمایش سطح، مکش جریان

(۳) سرمایش سطح، کاهش زبری سطح

۳۸- معادلات حاکم بر جریان خزشی کدام است؟ ( $\mu$  و  $\rho$  ثابت)

(۲)  $\nabla^2 \psi = 0, \nabla p = \mu \nabla^2 \vec{v}$

(۱)  $\nabla^2 \psi = 0, \nabla^2 \vec{\omega} = 0$

(۴)  $\nabla^2 p = 0, \nabla^2 \omega = 0$

(۳)  $\nabla^2 \psi = 0, \nabla p = 0$

۳۹- میدان سرعت دو بعدی  $u = \alpha x + \beta y$  و  $v = -\alpha y + \beta x$  داده شده است. میدان فشار کدام است؟ (از اثرات شتاب ثقل صرف نظر شود) ( $p_0$  فشار در نقطه سکون است)

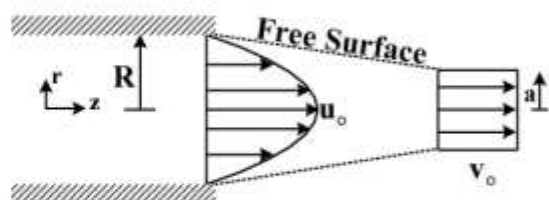
(۲)  $p = p_0 - \frac{1}{\gamma} \rho [(\alpha^2 + \beta^2)(x^2 + y^2)]$

(۱)  $p = p_0 - \frac{1}{\gamma} \rho [(\alpha + \beta)^2 (x + y)^2]$

(۴)  $p = p_0 - \frac{1}{\gamma} \rho [(\alpha + \beta)^2 (x^2 + y^2)]$

(۳)  $p = p_0 - \frac{1}{\gamma} \rho [(\alpha^2 + \beta^2)(x + y)^2]$

۴۰- جریان جت سیال تراکم‌ناپذیر خروجی از یک لوله به شعاع  $R$  را در نظر بگیرید ( $u_0$  حداکثر سرعت جریان در لوله است). جریان جت خروجی کاملاً دایروی بوده و در پایین دست، پروفیل سرعت یکنواخت و برابر  $v_0$  می‌شود. مقدار  $v_0$  و  $a$  (شعاع جت در پایین دست) کدام است؟



$$v_0 = \frac{2}{3} u_0, a = \frac{\sqrt{3}}{2} R \quad (1)$$

$$v_0 = u_0, a = \frac{\sqrt{2}}{2} R \quad (2)$$

$$v_0 = 2u_0, a = \frac{1}{2} R \quad (3)$$

$$v_0 = \frac{1}{3} u_0, a = \frac{\sqrt{3}}{4} R \quad (4)$$

۴۱- جریان لایه مرزی روی صفحه تخت را در نظر بگیرید. با فرض پروفیل سرعت خطی ( $\frac{u}{u_\infty} = \frac{y}{\delta}$ ) مقدار

$$c_d \sqrt{Re_L} \quad \text{کدام است؟} \quad (c_d = \frac{\text{Drag}}{\frac{1}{2} \rho u_\infty^2 L} \text{ معرف ضریب پسای صفحه به طول } L \text{ است})$$

$$\frac{2\sqrt{3}}{3} \quad (4)$$

$$\frac{2\sqrt{2}}{3} \quad (3)$$

$$\sqrt{3} \quad (2)$$

$$\sqrt{2} \quad (1)$$

۴۲- میله‌ای به شعاع  $R$  با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  درون سیال لزج با  $\rho$  و  $\mu$  ثابت می‌چرخد. با فرض جریان آرام، اندازه تنش برشی در فاصله  $r$  از مرکز میله کدام است؟

$$2\mu\omega\left(\frac{R}{r}\right)^2 \quad (4)$$

$$\mu\omega\left(\frac{R}{r}\right)^2 \quad (3)$$

$$2\mu\omega\frac{R}{r} \quad (2)$$

$$\mu\omega\frac{R}{r} \quad (1)$$

۴۳- سرعت جریان آزاد در یک جریان لایه مرزی آرام به صورت  $U_\infty = cx$  می‌باشد. اگر ضخامت لایه مرزی در  $x = a$  برابر  $\delta$  باشد در فاصله  $x = 2a$  ضخامت لایه مرزی کدام است؟

$$2\delta \quad (4)$$

$$\sqrt{2}\delta \quad (3)$$

$$\delta \quad (2)$$

$$\frac{\delta}{2} \quad (1)$$

۴۴- جریان آرام، تراکم‌ناپذیر و توسعه‌یافته بین دو صفحه موازی با گرادیان فشار ثابت  $\frac{dp}{dx}$  را در نظر بگیرید. عبارت تلفات لزجت ( $\Phi$ ) متناسب با کدام گزینه است؟

$$A^2 \quad (4)$$

$$A^2 \quad (3)$$

$$A^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$A^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

۴۵- کدام یک در مورد ضریب اصطکاک ( $C_f$ ) سطح برای جریان آرام کاملاً توسعه‌یافته بین دو صفحه تخت موازی به فاصله  $2h$  صحیح است؟ ( $Re$  عدد رینولدز و بر مبنای سرعت متوسط و قطر هیدرولیکی تعریف شده است)

$$\frac{64}{Re} \quad (4)$$

$$\frac{24}{Re} \quad (3)$$

$$\frac{16}{Re} \quad (2)$$

$$\frac{8}{Re} \quad (1)$$

