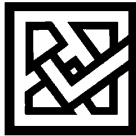


کد کنترل

899

A

عصر پنج‌شنبه  
۱۴۰۳/۱۲/۰۲



«علم و تحقیق، کلید پیشرفت کشور است.»  
مقام معظم رهبری

دفترچه شماره ۳ از ۳

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

آزمون ورودی دوره‌های دکتری (نیمه‌متمرکز) – سال ۱۴۰۴  
مهندسی هوا فضا (کد ۲۳۳۱)

تعداد سؤال: ۱۸۵ سؤال  
مدت زمان پاسخگویی: ۱۳۵ دقیقه

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

| ردیف | مواد امتحانی                                         | تعداد سؤال | از شماره | تا شماره |
|------|------------------------------------------------------|------------|----------|----------|
| ۱    | ریاضیات مهندسی                                       | ۱۰         | ۱        | ۱۰       |
| ۲    | آیرودینامیک مادن صوت – جریان لزج پیشرفته ۱           | ۳۵         | ۱۱       | ۴۵       |
| ۳    | اصول جلوبرنده پیشرفته – سوخت و احتراق پیشرفته ۱      | ۳۵         | ۴۶       | ۸۰       |
| ۴    | روش اجزای محدود ۱ – تحلیل پیشرفته سازه‌های هوافضایی  | ۳۵         | ۸۱       | ۱۱۵      |
| ۵    | دینامیک پرواز پیشرفته ۱ – تئوری کنترل بهینه          | ۳۵         | ۱۱۶      | ۱۵۰      |
| ۶    | طراحی سیستمی فضاپیما – دینامیک پرواز و کنترل فضاپیما | ۳۵         | ۱۵۱      | ۱۸۵      |

این آزمون نمره منفی دارد. استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

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 یا متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

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

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخنامه را تأیید می‌نمایم.

امضا:

ریاضیات مهندسی:

۱- فرض کنید  $|x| \leq \pi$ ،  $x \sin x = 1 - \frac{1}{2} \cos x + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)}{n^2 - 1}$  مقدار  $a_n + b_n$ ،  $(n \geq 2)$  کدام است؟

(۱)  $-2$

(۲)  $2$

(۳)  $2(-1)^n$

(۴)  $2(-1)^{n+1}$

۲- فرض کنید  $a > 0$ ،  $F\{e^{-ax}H(x)\} = \frac{1}{iw + a}$  مقدار  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{iw}dw}{w^2 - 2iw + 3}$  کدام است؟  $H(x)$  تابع هیویساید یا تابع

پله واحد است.

(۱)  $\frac{\pi}{2e^3}$

(۲)  $\frac{\pi}{2e}$

(۳)  $\frac{\pi e}{2}$

(۴)  $\frac{\pi e^3}{2}$

۳- کدام یک از تابع‌های زیر، جواب معادله دیفرانسیل جزئی  $4xu_x - 3u_y + 2u = 0$  است؟

(۱)  $u(x, y) = \frac{\phi(2 \ln x + 3y)}{\sqrt{x}}$

(۲)  $u(x, y) = \frac{\phi(3 \ln x + 4y)}{\sqrt{x}}$

(۳)  $u(x, y) = e^{\frac{y}{x}} \phi(3 \ln x + 4y)$

(۴)  $u(x, y) = e^{\frac{y}{x}} \phi(2 \ln x + 3y)$

۴- منحنی مشخصه معادله دیفرانسیل  $y^2 u_{xx} + 2y\sqrt{x} u_{xy} + xu_{yy} = 0$ ، کدام است؟

(۱)  $3y^2 - 4x\sqrt{x} = c$

(۲)  $3y^2 + 4x\sqrt{x} = c$

(۳)  $y = c e^{-2\sqrt{x}}$

(۴)  $y = c e^{2\sqrt{x}}$

۵- معادله لاپلاس  $\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \frac{\partial u}{\partial r}) + \frac{1}{r^2} (\frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2}) = 0$ ، در مختصات قطبی، درون دایره‌ای به شعاع  $a$ ، با شرط مرزی

$$u(a, \theta) = \begin{cases} 2\theta & 0 \leq \theta < \pi \\ 0 & \pi \leq \theta < 2\pi \end{cases}$$

مقدار  $u(0, \theta)$ ، کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{\pi}{2}$

(۳)  $\pi$

(۴)  $2\pi$

۶- به ازای  $z \neq \pm 1$ ، برد  $f(z) = \operatorname{Re}(\frac{2iz}{1-z^2})$  روی دایره  $|z|=1$ ، کدام است؟

(۱)  $[2, \infty)$

(۲)  $(-\infty, 0] \cup [2, \infty)$

(۳)  $(-\infty, -1] \cup [1, \infty)$

(۴)  $(-\infty, 0) \cup (0, \infty)$

۷- ضریب  $z$  در بسط سری لوران  $f(z) = \frac{1}{z^2 \sinh(z)}$ ، حول مبدأ مختصات، کدام است؟

(۱)  $\frac{7}{360}$

(۲)  $\frac{7}{240}$

(۳)  $-\frac{7}{240}$

(۴)  $-\frac{7}{360}$

۸- مقدار  $\oint_{|z|=2} \frac{e^{3z}}{(z+1)^3} dz$ ، کدام است؟

(۱)  $8\pi e^{-3}$

(۲)  $9\pi e^{-3}$

(۳)  $8\pi e^3$

(۴)  $9\pi e^3$

۹- مقدار  $\int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{13 - 5\sin\theta}$  ، کدام است؟

(۱)  $\frac{\pi}{6}$

(۲)  $\frac{\pi}{4}$

(۳)  $\frac{\pi}{3}$

(۴)  $\frac{\pi}{2}$

۱۰- تابع تحلیلی  $w = f(z = x + iy)$  ، که ناحیه  $x^2 + y^2 < 1$  را به ازای  $x > 0$  ، به خارج دایره واحد  $|w| = 1$  می نگارد، کدام است؟

(۱)  $iz$

(۲)  $z^2$

(۳)  $\frac{1}{z^2}$

(۴)  $\frac{1}{z}$

آیرودینامیک مادون صوت – جریان لزوج پیشرفته ۱:

۱۱- لایه مرزی نازکی بر روی یک صفحه تخت تشکیل شده است. فشار و سرعت خارج از لایه مرزی به ترتیب  $P_\infty$  و  $V_\infty$  است. فشار بر روی دیواره صفحه تخت چقدر است؟ ( $\rho$  چگالی سیال)

(۱)  $\frac{1}{2}\rho V_\infty^2$

(۲)  $p_\infty$

(۳)  $p_\infty - \frac{1}{2}\rho V_\infty^2$

(۴)  $p_\infty + \frac{1}{2}\rho V_\infty^2$

۱۲- در جریان تراکم ناپذیر غیرلزوج، تابع سرعت مختلط در دستگاه قطبی کدام است؟

(۱)  $(u_r - iu_\theta)e^{-i\theta}$

(۲)  $(u_r + iu_\theta)e^{-i\theta}$

(۳)  $(u_r - iu_\theta)e^{i\theta}$

(۴)  $(u_r + iu_\theta)e^{i\theta}$

۱۳- کدام یک از پارامترهای زیر روی زاویه حمله بر آففر ( $\alpha_{L=0}$ ) بال، تأثیر بیشتری دارد؟

(۲) نسبت منطری بال

(۴) طول وتر ایرفویل بال

(۱) ضخامت ایرفویل بال

(۳) انحنای (خمیدگی) ایرفویل بال

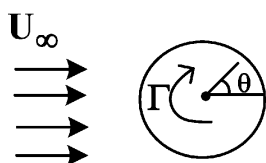
۱۴- یک بال با ایرفویل مقطع نازک و متقارن، دارای توزیع بیضوی برآ و نسبت منظری  $10^\circ$  است. ضریب برآی بال در زاویه حمله  $6^\circ$  درجه، چقدر است؟

$$\begin{array}{ll} \frac{\pi^2}{36} & (1) \\ \frac{\pi^2}{18} & (2) \\ \frac{\pi^2}{15} & (3) \\ \frac{\pi^2}{9} & (4) \end{array}$$

۱۵- در جریان گردابه آزاد، گرادیان فشار در جهت عمود بر خطوط جریان، متناسب با کدام عبارت است؟

$$\begin{array}{ll} \frac{1}{r^3} & (1) \\ \frac{1}{r^2} & (2) \\ \frac{1}{r} & (3) \\ r & (4) \end{array}$$

۱۶- در جریان یکنواخت پتانسیل روی یک استوانه دایروی به شعاع  $a$  همراه با گردش  $(\Gamma)$ ، مقدار گردش چقدر باشد تا نقاط سکون روی  $\theta = \frac{3\pi}{2}$  قرار گیرند؟



$$\begin{array}{ll} \frac{1}{2} \pi U_\infty a & (1) \\ \pi U_\infty a & (2) \\ 2\pi U_\infty a & (3) \\ 4\pi U_\infty a & (4) \end{array}$$

۱۷- مقدار گردش  $(\Gamma)$  در کدام جریان پایه می‌تواند با گزینه‌های دیگر متفاوت باشد؟

- (۱) جریان دوقلو (Doublet) (۲) جریان چشمه و چاه (۳) جریان گردابه آزاد (۴) جریان یکنواخت

۱۸- تابع پتانسیل سرعت در جریان تراکم‌ناپذیری با چگالی  $\rho$ ، به صورت  $\phi = y^2 - x^2$  است. گرادیان فشار در جهت  $x$  یا  $(\frac{\partial P}{\partial x})$ ، کدام است؟

$$\begin{array}{ll} 8\rho x & (1) \\ 8\rho y & (2) \\ -4\rho x & (3) \\ \text{صفر} & (4) \end{array}$$

۱۹- تابع جریانی به صورت  $\psi = A\theta + Br \sin \theta$  است. مختصات نقاط سکون در دستگاه قطبی  $(r, \theta)$  کدام است؟ (A و B مقادیر ثابت و مثبت)

$$\begin{array}{ll} (\frac{A}{B}, \pi) & (1) \\ (\frac{A}{B}, 0) & (2) \\ (-\frac{A}{B}, \pi) & (3) \\ (-\frac{A}{B}, 0) & (4) \end{array}$$

۲۰- در جریان پتانسیل حول یک استوانه دایروی، مقدار ضریب فشار در محل بیشینه سرعت روی سطح استوانه چقدر است؟

(۱) صفر

(۲)  $-\frac{1}{2}$ 

(۳) -۱

(۴) -۳

۲۱- تابع جریان  $\psi = U_{\infty} r^3 \sin 3\theta$ ، جریان روی چه هندسه‌ای را نشان می‌دهد؟

(۱) روی گوشه‌ای با زاویه  $\frac{\pi}{3}$ (۲) روی گوشه‌ای با زاویه  $\frac{\pi}{6}$ (۳) جریان نقطه سکون روی گوشه‌ای با زاویه  $\frac{\pi}{3}$ (۴) جریان نقطه سکون روی گوشه‌ای با زاویه  $\frac{\pi}{6}$ 

۲۲- یک بال بدون پیچش، با توزیع بیضوی برآ و نسبت منظری ۱۲ در زاویه حمله  $6^\circ$ ، دارای ضریب برآی  $0.6$  است.

اگر ایرفویل مقطع بال، نازک و متقارن باشد، ضریب برآی مقطع بال چند است؟ ( $\pi^2 \approx 10$ )

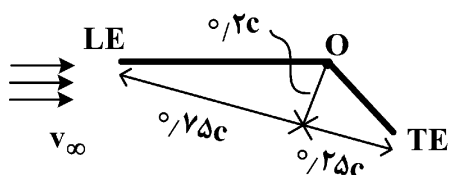
(۱)  $\frac{2}{3}$ (۲)  $\frac{17}{30}$ (۳)  $\frac{5}{6}$ (۴)  $\frac{37}{60}$ 

۲۳- مطابق نظریه ایرفویل نازک برای ایرفویلی با خمیدگی  $z(x)$  در جریان آزاد با  $V_{\infty}$  و زاویه حمله  $\alpha$ ، مؤلفه عمود بر

خط خمیدگی سرعت جریان آزاد کدام است؟ (محور  $x$  در راستای خط وتر)

(۱)  $V_{\infty} \sin \alpha$ (۲)  $V_{\infty} \cos \alpha$ (۳)  $V_{\infty} \left( \alpha - \frac{dz}{dx} \right)$ (۴)  $V_{\infty} \left( \alpha + \frac{dz}{dx} \right)$ 

۲۴- با توجه به تبدیلی که در نظریه ایرفویل نازک بین  $x$  و  $\theta$  انتخاب می‌شود، مقدار  $\theta$  برای نقطه  $O$  چند رادیان است؟

(۱)  $\frac{\pi}{3}$ (۲)  $\frac{\pi}{4}$ (۳)  $\frac{\pi}{5}$ (۴)  $\frac{\pi}{6}$ 

۲۵- نظریه خط برآزای پرنتل، برای کدام یک از بال ها قابل استفاده است؟

- (۱) بال های مثلثی (Delta)
- (۲) بال های دارای پسگرایی (swept)
- (۳) بال های مستطیلی و بدون پیچش
- (۴) بال های دارای نسبت باریک شونده (taper) و نسبت منطری متوسط

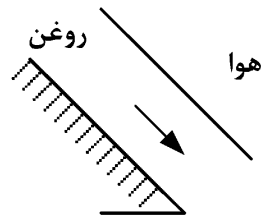
۲۶- روش غیرخطی خط برآزا، برای کدام شرایط قابل استفاده است؟

- (۱) بال های با نسبت منطری کم
- (۲) بال های دارای پسگرایی (swept)
- (۳) بال های مستطیلی و بدون پیچش
- (۴) بال های مستقیم با نسبت منطری زیاد و زاویه حمله های بیشتر از واماندگی

۲۷- جریان کوئت دائمی و لزج با فشار ثابت بین دو صفحه نامتناهی و موازی به فاصله  $h$  از یکدیگر را در نظر بگیرید. اگر یکی از صفحات با سرعت ثابت  $U$  حرکت کند و صفحه دیگر ثابت باشد، دبی حجمی بین دو صفحه چقدر خواهد بود؟

- (۱)  $\frac{1}{3}Uh$
- (۲)  $\frac{2}{3}Uh$
- (۳)  $\frac{1}{2}Uh$
- (۴)  $Uh$

۲۸- در جریان دائمی، لزج و تراکم ناپذیر روغن روی یک سطح شیب دار در مجاورت هوا به سمت پایین در اثر نیروی جاذبه، کدام فرض درست است؟



- (۱) تنش در تمامی سیال صفر است.
- (۲) تنش در سطح آزاد سیال صفر است.
- (۳) تنش روی سطح شیب دار صفر است.
- (۴) سرعت در سطح آزاد سیال صفر است.

۲۹- در جریان لایه مرزی آرام تراکم ناپذیر روی صفحه تخت به طول  $L$ ، رابطه ضریب پسا ( $C_D$ ) و ضخامت مومنتوم ( $\theta$ )، کدام است؟

- (۱)  $C_D = \frac{2\theta}{L}$
- (۲)  $C_D = \frac{2d\theta}{dx}$
- (۳)  $C_D = \frac{\theta}{2L}$
- (۴)  $C_D = \frac{d\theta}{dx}$

۳۰- در جریان های خزشی، کدام یک از جملات معادله اندازه حرکت، قابل صرف نظر کردن هستند؟

- (۱) نیروهای لزج
- (۲) نیروی وزن
- (۳) نیروهای فشاری
- (۴) شتاب جابه جایی

۳۱- کدام یک از مسائل جریان لزج آرام و تراکم ناپذیر، دارای حل تشابهی (Similarity Solution) نیست؟

- (۱) جریان لایه مرزی روی گوه
- (۲) جریان لایه مرزی حول نقطه سکون
- (۳) سیال ساکن در مجاورت صفحه تخت با حرکت نوسانی
- (۴) سیال ساکن در مجاورت صفحه تخت که ناگهان با سرعت ثابت حرکت می کند

۳۲- در جریان دائمی پوازی (Poiseuille)، لزج و تراکم‌ناپذیر بین دو صفحه نامتناهی و موازی، رابطه بین تنش برشی ( $\tau$ ) و فشار کدام است؟ (جریان در جهت x)

$$\frac{dP}{dx} = \mu \frac{d\tau}{dy} \quad (۲)$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{d\tau}{dy} \quad (۱)$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{d\tau}{dx} \quad (۴)$$

$$\frac{dP}{dy} = \mu \frac{d\tau}{dx} \quad (۳)$$

۳۳- در معادلات جریان لایه مرزی آرام، برای مسائلی که سرعت خارج از لایه مرزی به صورت  $U(x)$  باشد، اندازه گرادیان فشار  $\left(\frac{dP}{dx}\right)$ ، در لایه مرزی را برابر کدام عبارت می‌توان فرض کرد؟

$$\rho U^2 \quad (۲) \quad \text{صفر} \quad (۱)$$

$$\rho U \frac{dU}{dx} \quad (۴) \quad \rho d\left(\frac{U^2}{2}\right) \quad (۳)$$

۳۴- یک سیلندر دایره‌ای به شعاع  $R$  با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\Omega$  درون سیال تراکم‌ناپذیر با لزجت ثابت  $\mu$  دوران می‌کند. اندازه تنش برش روی سطح سیلندر چقدر است؟

$$\mu \Omega \quad (۲) \quad \mu \frac{\Omega}{R} \quad (۱)$$

$$2\mu \Omega \quad (۴) \quad \mu R \Omega \quad (۳)$$

۳۵- کدام یک از اعداد بی‌بعد می‌توانند به ترتیب در معادله اندازه حرکت، معادله انرژی و شرایط مرزی مسائل جریان لزج، ظاهر شوند؟

$$Gr \quad (۱) \quad \text{در معادله اندازه حرکت} - Ec \quad \text{در معادله انرژی} - Pr \quad \text{در شرایط مرزی}$$

$$Re \quad (۲) \quad \text{در معادله اندازه حرکت} - Ec \quad \text{در معادله انرژی} - Nu \quad \text{در شرایط مرزی}$$

$$Re \quad (۳) \quad \text{در معادله اندازه حرکت} - Gr \quad \text{در معادله انرژی} - Nu \quad \text{در شرایط مرزی}$$

$$Gr \quad (۴) \quad \text{در معادله اندازه حرکت} - Re \quad \text{در معادله انرژی} - Ec \quad \text{در شرایط مرزی}$$

۳۶- اگر سیال ساکنی با لزجت سینماتیکی  $\nu$  در مجاورت صفحه‌ای تخت قرار داشته باشد و سپس این صفحه با سرعت  $U \cos \omega t$  در جهت x حرکت کند، عمق نفوذ اثر حرکت صفحه در سیال، متناسب با کدام عبارت است؟

$$\sqrt{\nu t} \quad (۲) \quad \sqrt{\frac{\nu}{\omega}} \quad (۱)$$

$$\sqrt{\omega t} \quad (۴) \quad \sqrt{\nu \omega} \quad (۳)$$

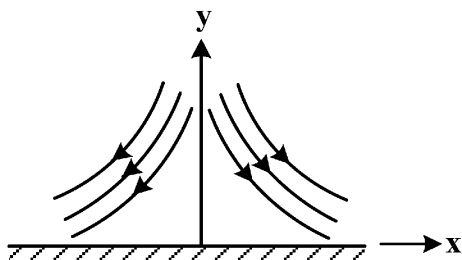
۳۷- برای حل جریان لزج حول نقطه سکون و در مجاورت دیواره، تابع جریان ( $\psi$ ) را به کدام صورت می‌توان در نظر گرفت؟ ( $A$  یک ثابت و  $f$  تابعی دلخواه است.)

$$Af(y) \quad (۱)$$

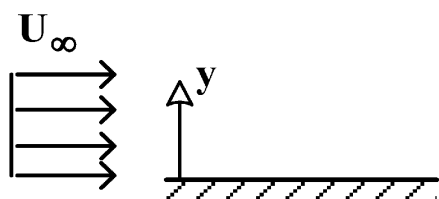
$$Axf(y) \quad (۲)$$

$$Axy \quad (۳)$$

$$Ax^2y \quad (۴)$$



۳۸- کدام توزیع سرعت  $\frac{u}{U_\infty}$  می‌تواند بیانگر سرعت لایه مرزی روی یک صفحه تخت باشد؟ ( $\delta$  ضخامت لایه مرزی)



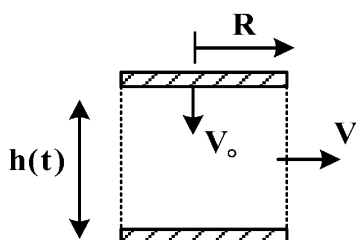
(۱)  $e^{y/\delta}$

(۲)  $\cos(\frac{\pi y}{\delta})$

(۳)  $2(\frac{y}{\delta}) - (\frac{y}{\delta})^2$

(۴)  $2(\frac{y}{\delta})^2 - (\frac{y}{\delta})$

۳۹- هوای ساکن مابین دو دیسک به شعاع  $R$  قرار دارد. اگر دیسک بالایی با سرعت ثابت  $V_0$  پایین آید، هوای تراکم‌ناپذیر با سرعت یکنواخت  $V$  از بین دو دیسک خارج می‌شود. مقدار  $V$  در هر لحظه چقدر است؟



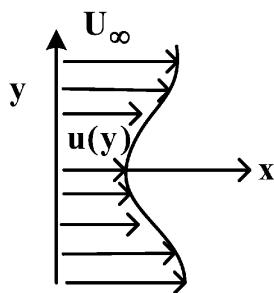
(۱)  $\frac{hV_0}{R}$

(۲)  $\frac{RV_0}{h}$

(۳)  $\frac{2hV_0}{R}$

(۴)  $\frac{RV_0}{2h}$

۴۰- اگر توزیع سرعت در دنباله جریان پشت جسمی به صورت  $u(y)$  باشد، کدام عبارت برابر با نیروی پسای وارد بر جسم است؟ ( $U_\infty$  سرعت جریان آزاد)



(۱)  $\int_{-\infty}^{+\infty} \rho u (U_\infty - u) dy$

(۲)  $\int_{-\infty}^{+\infty} \rho u (U_\infty - u)^2 dy$

(۳)  $\int_{-\infty}^{+\infty} \rho u U_\infty dy$

(۴)  $\int_{-\infty}^{+\infty} \rho u^2 dy$

۴۱- با استفاده از روش تقریبی تویتز (Thwaites)، مقدار کمیت  $\lambda$  برای پروفیل سرعت خارج از لایه مرزی جریانی

به صورت  $\lambda = -\frac{0.9}{y} [(1+x)^y - 1]$  به دست آمده است. با توجه به اینکه در این روش،  $S(\lambda) = (\lambda + 0.9)^{0.62}$

است، محل نقطه جدایش کدام است؟

(۱)  $(1/7)^{\frac{1}{0.62}} - 1$

(۲)  $8^{\frac{1}{0.62}} - 1$

(۳) ۱

(۴) صفر

۴۲- با استفاده از روش معادله انتگرالی لایه مرزی، ضخامت لایه مرزی ( $\delta$ ) روی صفحه تخت برای توزیع سرعت

$$\frac{u}{U_\infty} = \frac{y}{\delta} \quad \text{کدام است؟}$$

$$\frac{\delta}{x} = \sqrt{\frac{6}{Re_x}} \quad (۱)$$

$$\frac{\delta}{x} = \frac{6}{\sqrt{Re_x}} \quad (۲)$$

$$\frac{\delta}{x} = \frac{12}{\sqrt{Re_x}} \quad (۳)$$

$$\frac{\delta}{x} = \sqrt{\frac{12}{Re_x}} \quad (۴)$$

۴۳- اگر برای حل تشابهی جریان تراکم‌ناپذیر جت دوبعدی آرام، تابع جریان متناسب با  $\psi \sim x^p f(\eta)$  انتخاب شود که

در آن کمیت تشابه متناسب با  $\eta \sim \frac{y}{x^{1-p}}$  باشد، مقدار  $p$  کدام خواهد بود؟

$$\frac{1}{2} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{3} \quad (۲)$$

$$-\frac{1}{2} \quad (۳)$$

$$-\frac{1}{3} \quad (۴)$$

۴۴- تابع جریان برای حل بلازیوس جریان لایه مرزی روی صفحه تخت به صورت  $\psi = \sqrt{\nu U_\infty x} f(\eta)$  است که کمیت

تشابه برابر  $\eta = y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}}$  است. تنش برش روی صفحه کدام است؟ ( $\nu$  لزجت سینماتیکی)

$$\mu U_\infty f'(\circ) \quad (۱)$$

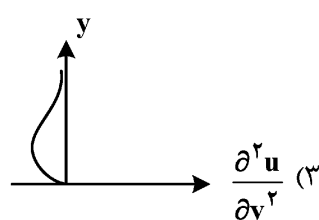
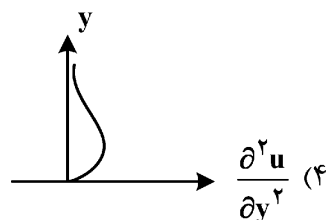
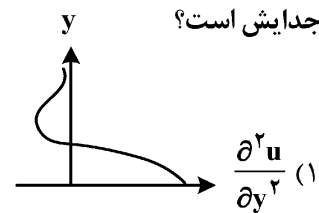
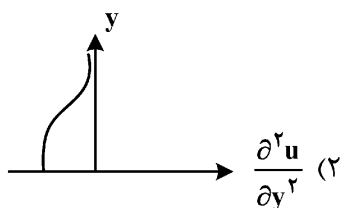
$$\mu U_\infty f''(\circ) \quad (۲)$$

$$\mu \frac{U_\infty}{x} \sqrt{Re_x} f''(\circ) \quad (۳)$$

$$\mu \frac{U_\infty}{x} \sqrt{Re_x} f'(\circ) \quad (۴)$$

۴۵- مشتق دوم توزیع سرعت یک جریان لایه مرزی  $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$  رسم شده است. در کدام حالت، جریان لایه مرزی مستعد

جدایش است؟



اصول جلوبرنده پیشرفته - سوخت و احتراق پیشرفته ۱:

۴۶- کدام یک از موارد زیر در خصوص ضربه ویژه، درست است؟

- (۱) ضربه ویژه موتور رم جت از توربوپراپ بیشتر است.
- (۲) ضربه ویژه موتور توربوجت از توربوفن بیشتر است.
- (۳) ضربه ویژه موتور رم جت از توربوجت بیشتر است.
- (۴) ضربه ویژه موتور توربوپراپ از رم جت بیشتر است.

۴۷- در یک موتور توربوشفت، مصرف سوخت ویژه  $\frac{\text{kg}}{(\text{kW.hr})}$  ۰/۲۵ و مقدار دبی سوخت ۱/۲۵ کیلوگرم بر ثانیه است. اگر

کار مخصوص خروجی  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  ۱۸۰ باشد، دبی هوای ورودی موتور چند کیلوگرم بر ثانیه است؟

- (۱) ۱۰۰
- (۲) ۱۵۰
- (۳) ۱۸۰
- (۴) ۲۰۰

۴۸- برای یک موتور رم جت که در ارتفاع ۲۲ km از سطح دریا پرواز می‌کند، ارزش حرارتی سوخت  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  ۴۲۰۰۰،

$\gamma = 1/35$ ،  $C_p = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$ ، دمای محیط ۲۱۸ K، فشار محیط ۴/۰ kPa و حداکثر دمای داخلی ۲۲۰۰ K

است. در صورتی که سرعت پرواز  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  ۴۴۳ باشد، نسبت سوخت به هوا کدام است؟

- (۱) ۰/۰۲۷
- (۲) ۰/۰۳۸
- (۳) ۰/۰۴۷
- (۴) ۰/۰۵۸

۴۹- برای یک رم جت ایده‌آل، مصرف سوخت ویژه رانش (TSFC) با رابطه زیر داده می‌شود. با توجه به اینکه

$\frac{T_{t4}}{T_{t3}} = \frac{T_{t0}}{T_0} = 1 + \frac{\gamma-1}{2} M_0^2$ ،  $u_0 = M_0 a_0$ ، مقدار عدد ماخی که TSFC را کمینه کند، چقدر است؟

( $T_0$ ،  $C_p$ ،  $t_b$  و  $Q_R$  ثابت هستند).

$$\text{TSFC} = \frac{C_p T_{t0} (t_b - 1)}{u_0 Q_R (\sqrt{t_b} - 1)}$$

$$M_{0\text{opt}} = \sqrt{2(\gamma-1)} \quad (2)$$

$$M_{0\text{opt}} = \frac{\gamma-1}{2} \quad (4)$$

$$M_{0\text{opt}} = \sqrt{\frac{\gamma-1}{2}} \quad (1)$$

$$M_{0\text{opt}} = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}} \quad (3)$$

۵۰- تفاوت اصلی تحلیل پارامتری توربوفن با توربوجت در چیست؟

(۱) بالانس انرژی محفظه احتراق توربوفن با توربوجت متفاوت است.

(۲) معادله انرژی توربین در توربوفن با توربوجت متفاوت است.

(۳) تحلیل دیفیوزر و نازل توربوفن با توربوجت متفاوت است.

(۴) تحلیل کمپرسور توربوفن با توربوجت متفاوت است.

۵۱- اگر  $\phi$  ضریب جریان (Flow Coef) و  $\psi$  ضریب بارگذاری (Stage Loading Coef) و  $\beta_1$  و  $\beta_2$  زوایای نسبی

ورود و خروج از روتور یک طبقه کمپرسور محوری باشند، ضریب عکس العمل برای یک طبقه نرمال که سرعت

محوری در آن ثابت است، از کدام رابطه به دست می آید؟

$$R = \frac{\phi}{\psi} (\tan \beta_1 - \tan \beta_2) \quad (۱) \quad R = \frac{\phi^2}{2\psi} (\tan \beta_1 - \tan \beta_2) \quad (۲)$$

$$R = \frac{\phi^2}{2\psi} (\tan^2 \beta_1 - \tan^2 \beta_2) \quad (۴) \quad R = \frac{\phi^2}{\psi} (\tan^2 \beta_1 - \tan^2 \beta_2) \quad (۳)$$

۵۲- با توجه به اینکه در موج ضربه ای قائم  $\frac{P_2}{P_1} = 1 + \frac{\gamma}{\gamma+1} (M_1^2 - 1)$ ، اگر موج ضربه ای مایلی با زاویه  $\beta = 30^\circ$  و

نسبت فشار ۴/۵ در دهانه یک موتور جت تشکیل شود، ماخ پرواز کدام است؟

$$3/5 \quad (۲) \quad 2/5 \quad (۱)$$

$$2 \quad (۴) \quad 4 \quad (۳)$$

۵۳- کدام یک از زوج رابطه های زیر، برای گازهای کامل درست است؟

$P$  - فشار؛  $\rho$  - دانسیته؛  $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ ؛  $V$  - سرعت؛  $a$  - سرعت صوت؛  $e$  - انرژی داخلی و  $e_t$  - نماد انرژی داخلی کل است.

$$P = \rho(\gamma+1)e \text{ و } e_t = \frac{a^2}{\gamma(\gamma+1)} + \frac{V^2}{2} \quad (۱) \quad P = \rho(\gamma-1)e \text{ و } e_t = \frac{a^2}{\gamma(\gamma+1)} + \frac{V^2}{2} \quad (۲)$$

$$P = \rho(\gamma+1)e \text{ و } e_t = \frac{a^2}{\gamma(\gamma-1)} + \frac{V^2}{2} \quad (۳) \quad P = \rho(\gamma-1)e \text{ و } e_t = \frac{a^2}{\gamma(\gamma-1)} + \frac{V^2}{2} \quad (۴)$$

۵۴- در یک مرحله کمپرسور محوری، سرعت خطی پره در شعاع میانی برابر با ۱۲۵ متر بر ثانیه است. اگر عدد دی هالر

برای استاتور مساوی ۰/۷۵ و سرعت مطلق در ورود به استاتور ۱۰۰ متر بر ثانیه باشد، ضریب جریان چقدر است؟

(جریان ورودی محوری است.)

$$0/4 \quad (۲) \quad 0/3 \quad (۱)$$

$$0/6 \quad (۴) \quad 0/55 \quad (۳)$$

۵۵- دلیل مناسب نبودن طرح گردابه آزاد برای کمپرسور، کدام است؟

(۱) بار را روی ریشه استاتور زیاد می کند

(۲) بار را روی نوک پره استاتور زیاد می کند

(۳) بار را روی ریشه روتور زیاد می کند

(۴) بار را روی نوک پره روتور زیاد می کند

۵۶- در صورت ورود پرنده به ورودی موتور هواپیما (Bird Strike)، کدام یک از پدیده های زیر محتمل تر است؟

(۱) شکستن پره های فن

(۲) ناپایداری جریان در کمپرسور

(۳) افزایش حرارت و آسیب دیدن محفظه احتراق

(۴) عدم تأمین هوای کافی و خاموش شدن شعله

۵۷- در خصوص نیروهای وارد به هریک از اجزای موتور توربوجت، کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟

- (۱) دهانه ورودی (رانش)، کمپرسور (رانش)، محفظه احتراق (رانش)، توربین (رانش)، نازل (پسا)
- (۲) دهانه ورودی (پسا)، کمپرسور (پسا)، محفظه احتراق (پسا)، توربین (رانش)، نازل (رانش)
- (۳) دهانه ورودی (پسا)، کمپرسور (رانش)، محفظه احتراق (پسا)، توربین (پسا)، نازل (رانش)
- (۴) دهانه ورودی (رانش)، کمپرسور (رانش)، محفظه احتراق (رانش)، توربین (پسا)، نازل (پسا)

۵۸- در عملکرد خارج طرح موتور توربوجت، چنانچه دور بی‌بعد ثابت باشد و عدد ماخ پروازی افزایش یابد، نسبت تراست به فشار محیط چگونه تغییر می‌کند؟

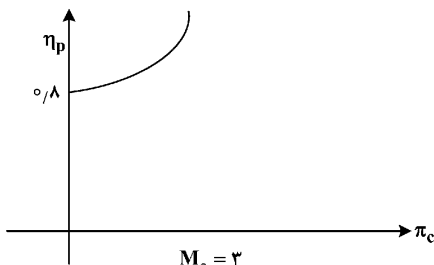
- (۱) در دورهای بی‌بعد کم، کاهش و در دورهای بی‌بعد زیاد، افزایش می‌یابد.
- (۲) در دورهای بی‌بعد کم، افزایش و در دورهای بی‌بعد زیاد، کاهش می‌یابد.
- (۳) کاهش می‌یابد.
- (۴) افزایش می‌یابد.

۵۹- در عملکرد خارج طرح موتور توربوجت ۲ شفتی، با کاهش سطح مقطع نازل خروجی (با فرض خفگی توربین کم‌فشار)

.....

- (۱) کمپرسور کم‌فشار از سرچ دور می‌شود و دور بی‌بعد کمپرسور پرفشار کم می‌شود.
- (۲) کمپرسور کم‌فشار از سرچ دور می‌شود و دور بی‌بعد کمپرسور پرفشار زیاد می‌شود.
- (۳) کمپرسور کم‌فشار به سرچ نزدیک می‌شود و دور بی‌بعد کمپرسور پرفشار کم می‌شود.
- (۴) کمپرسور کم‌فشار به سرچ نزدیک می‌شود و دور بی‌بعد کمپرسور پرفشار زیاد می‌شود.

۶۰- نمودار راندمان پیشران یک توربوجت به صورت زیر رسم شده است. با توجه به مطلوب بودن مقدار این راندمان، چرا عملاً این توربوجت کاربری تجاری ندارد؟



- (۱) زیرا افزایش  $\eta_p$ ، با افزایش مصرف سوخت همراه است.
- (۲) زیرا افزایش  $\eta_p$ ، با استفاده از پس‌سوز حاصل شده است.
- (۳) زیرا افزایش  $\eta_p$ ، برای جریان‌های سوپرسونیک ضروری نیست.
- (۴) زیرا مقدار مناسب  $\eta_p$ ، با کاهش شدید مقدار تراست موتور توربوجت به دست آمده است.

۶۱- یک فن را در دو حالت دارای داکت و بدون داکت در نظر بگیرید. چنانچه توان داده‌شده به فن در هر دو حالت

یکسان باشد، کدام مورد در خصوص نیروی پیشران حاصله در دو حالت درست است؟ (نقطه عملکردی فن دارای داکت به نحوی انتخاب شده است تا مساحت جریان ورودی دقیقاً برابر مساحت داکت شود).

- (۱) نیروی پیشران در دو حالت یکسان است.
- (۲) اطلاعات داده شده برای مقایسه نیروی پیشران کافی نیست.
- (۳) نیروی پیشران فن بدون داکت کمتر از فن دارای داکت است.
- (۴) نیروی پیشران فن بدون داکت بیشتر از فن دارای داکت است.

۶۲- هوای با دمای  $300\text{ K}$  و سرعت بسیار کم، وارد یک لوله قطور شده و در طول لوله  $100\text{ kW}$  حرارت‌دهی و دچار

خفگی می‌شود. با فرض یک‌بعدی بودن جریان، دمای هوا در خروج چقدر است؟ ( $C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ ,  $\gamma = 1/4$ )

(۲)  $350$

(۱)  $333$

(۴)  $500$

(۳)  $400$

۶۳- آنتروپی یک سیستم باز که در آن واکنش شیمیایی رخ می دهد، چگونه تغییر می کند؟

- (۱) ثابت می ماند.  
(۲) افزایش می یابد.  
(۳) کاهش می یابد.  
(۴) هر سه مورد محتمل است.

۶۴- مقیاس زمانی واکنش  $H_2 \xrightarrow{K} H + H$  برای شرایط زیر، کدام است؟

$$T = 1000\text{ K و } P = 1\text{ atm و } K = 5 \times 10^{-2}$$

- (۱)  $0.002$  (۲)  $0.005$  (۳)  $2$  (۴)  $5$

۶۵- برای واکنش مقدماتی  $A + B \leftrightarrow C + D$ ، نرخ تغییرات غلظت گونه C تابع غلظت کدام گونه یا گونه ها است؟

- (۱) C  
(۲) C و D  
(۳) A و B  
(۴) A و B و C و D

۶۶- احتراق کامل و استوکیومتریک پروپان با اکسیژن در فشار  $1\text{ atm}$  و دمای مواد اولیه واکنش دهنده ها برابر  $298\text{ K}$ ، را در نظر بگیرید. با توجه به مقادیر زیر، دمای شعله آدیاباتیک چند کلوین است؟

|                                             | پروپان | $CO_2$ | $H_2O$ | $O_2$ |
|---------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| $(\frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}})\bar{h}_f$ | -۳۰۰   | -۱۵۰   | -۱۵۰   |       |
| $(\frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}})\bar{C}_p$ | ۱۰     | ۱۰     | ۵      | ۱۰    |

- (۱) ۳۹۸  
(۲) ۳۲۸  
(۳) ۳۱۸  
(۴) ۳۰۸

۶۷- کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) ثابت تعادل، تابع دما است.  
(۲) مقیاس زمانی واکنش تک مولکولی، تابع غلظت مواد اولیه نیست.  
(۳) طی یک فرایند واکنشی، آنتروپی یک سیستم همواره افزایش می یابد.  
(۴) در صورت افزایش دمای سیستم تعادل، واکنش به سمتی می رود که گرماگیر باشد.
- ۶۸- در یک شعله پیش مخلوط، دمای شعله با دمای پیش گرم مواد اولیه به صورت یک به یک افزایشی فرض می شود. با تقریب دست بالا برای ضخامت شعله، با افزایش  $50^\circ$  درصدی دمای مواد اولیه، شیب تغییرات دما در ضخامت شعله چقدر تغییر می کند؟

- (۱) حداقل بیش از  $50^\circ$  درصد زیاد می شود.  
(۲) حداقل بیش از  $25^\circ$  درصد زیاد می شود.  
(۳) حداقل بیش از  $50^\circ$  درصد کم می شود.  
(۴) حداقل بیش از  $25^\circ$  درصد کم می شود.

۶۹- اگر نسبت اختلاط در نقطه ای از میدان  $0.25$  باشد، نسبت سوخت به هوا در آنجا چقدر است؟

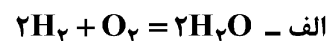
- (۱)  $0.25$   
(۲)  $0.3$   
(۳)  $0.33$   
(۴)  $4$

۷۰- در تولید ناکس به روش حرارتی، غلظت رادیکال N با مولکول  $O_2$  چه تناسبی دارد؟

- (۱)  $[N] \sim [O_2]$   
(۲)  $[N] \sim \frac{1}{[O_2]}$   
(۳)  $[N] \sim \ln([O_2])$   
(۴)  $[N] \sim \ln\left(\frac{1}{[O_2]}\right)$

- ۷۱- کدام یک از موارد زیر، درباره یک راکتور کاملاً همزده درست است؟  
 (۱) به جز در نزدیکی ورودی، غلظت سوخت در نقاط مختلف راکتور یکسان است.  
 (۲) با افزایش دبی ورودی، دمای خروجی افزایش می‌یابد.  
 (۳) با کاهش دبی، راکتور خاموش می‌شود.  
 (۴) هیچ کدام
- ۷۲- یک مخلوط سوخت گازی شامل پروپان و بوتان با نسبت مول برابر، با اکسیژن در شرایط استاندارد و استوکیومتریکی می‌سوزد. فشار جزئی آب تولیدی چند اتمسفر است؟  
 (۱) ۰/۷۵  
 (۲) ۰/۶۷  
 (۳) ۰/۶۴  
 (۴) ۰/۵۶
- ۷۳- کدام عبارت در مورد فاصله خاموشی **Quenching Distance** در شرایط احتراق استوکیومتریکی، درست است؟  
 (۱) بستگی به نوع راکتور دارد.  
 (۲) فاصله خاموشی هیدروژن و متان مساوی‌اند.  
 (۳) فاصله خاموشی هیدروژن از متان کمتر است.  
 (۴) فاصله خاموشی هیدروژن از متان بیشتر است.
- ۷۴- در خروجی یک هیتر مجهز به مشعل‌های پیش‌مخلوط با سوخت متان، ۲۵٪ هوای اضافی مشاهده شده است. مشعل در چه نسبت هم‌ارزی تنظیم شده است؟  
 (۱) ۰/۸۵  
 (۲) ۰/۸۰  
 (۳) ۰/۷۵  
 (۴) ۰/۷۰
- ۷۵- قطره‌ای بنزین با قطر اولیه ۱ mm در شرایط استاندارد را در نظر بگیرید. در صورتی که ثابت تبخیر این قطره در شرایط استاندارد برابر  $10^{-6} \frac{m^2}{s}$  باشد، مدت زمانی که قطر قطره در اثر تبخیر نصف می‌شود، کدام است؟  
 (۱) ۰/۲۵ s  
 (۲) ۰/۷۵ s  
 (۳) ۲/۵ s  
 (۴) ۷/۵ s
- ۷۶- از سوختن یک مول کربن با اکسیژن، یک مول گاز دی‌اکسید کربن و حدود ۴۰۰ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود. اگر احتراق کامل نباشد و به جای گاز دی‌اکسید کربن، گاز مونواکسید کربن تولید شود، مقدار انرژی آزاد شده به حدوداً ۱۰۰ کیلوژول کاهش می‌یابد. اگر یک مول گاز مونواکسید کربن با اکسیژن بسوزد، چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟  
 (۱) ۱۰۰  
 (۲) ۲۰۰  
 (۳) ۳۰۰  
 (۴) ۴۰۰
- ۷۷- فرض کنید در یک موتور موشکی، سوخت مایع متان با اکسیژن خالص در شرایط استوکیومتریکی در یک فرایند فشار و آنتالپی ثابت، می‌سوزد. کدام یک از موارد زیر نادرست است؟  
 (۱) غلظت گونه مونواکسید کربن به نسبت احتراق متان با هوا بیشتر است.  
 (۲) غلظت گونه دی‌اکسید کربن به نسبت احتراق هوا با متان بیشتر است.  
 (۳) دمای محصولات احتراق به نسبت احتراق متان با هوا بیشتر است.  
 (۴) در محصولات احتراق گونه اکسیژن وجود ندارد.

۷۸- براساس اصل برخورد بین واکنشگرها و شکست پیوندها و تشکیل پیوندهای جدید، وقوع کدام یک از واکنش های زیر محتمل تر است؟



ج - وقوع هر دو واکنش بسیار محتمل است.

د - وقوع هر دو واکنش بسیار غیرمحتمل است.

(۱) «الف» (۲) «ب» (۳) «ج» (۴) «د»

۷۹- در احتراق غنی از سوخت هیدروکربنی، کدام گونه احتمال تشکیل کمتری دارد؟

(۱) دوده (۲) هیدروژن

(۳) مونواکسیدکربن (۴) اکسیدهای نیتروژن ( $NO_x$ )

۸۰- در یک موتور موشکی سوخت مایع یک گرم بر ثانیه متان با اکسیژن خالص در شرایط استوکیومتری واکنش می دهد.

در صورتی که محصولات احتراق در نازل خروجی طوری انبساط یابند که دمای آنها حدود ۳۰۰ درجه کلوین شود، دبی خروجی گاز دی اکسیدکربن به کدام یک از موارد زیر نزدیک تر است؟ (جرم مولی اتم هیدروژن یک گرم بر مول، اتم اکسیژن

۱۶ گرم بر مول و اتم کربن ۱۲ گرم بر مول است.)

(۱) ۱/۷۵ گرم بر ثانیه (۲) ۲/۷۵ گرم بر ثانیه

(۳) ۳/۷۵ گرم بر ثانیه (۴) ۴/۷۵ گرم بر ثانیه

### روش اجزای محدود ۱ - تحلیل پیشرفته سازه های هوافضایی:

۸۱- تعداد محاسبات ماتریس سفتی یک المان چهاروجهی خطی، با چهار گره و هر گره دو درجه آزادی و با در نظر گرفتن انتگرال گیری کامل، چقدر است؟ (راهنمایی: تعداد نقاط انتگرال گیری برابر ۴ است.)

(۱) ۲۳۰۴ (۲) ۲۵۶

(۳) ۶۴ (۴) ۴

۸۲- برای یک المان یک بعدی با توابع شکل سهمی، کدام گزینه درست است؟

(۱)  $N_1(x) + N_2(x) = 0$  (۲)  $N_1(x) + N_2(x) = 1$

(۳)  $N_1(x) + N_2(x) + N_3(x) = 0$  (۴)  $N_1(x) + N_2(x) + N_3(x) = 1$

۸۳- در مقایسه روش ریتز با روش های اجزاء محدود، کدام مورد نادرست است؟

(۱) روش ریتز با گسسته سازی دامنه به جواب با دقت بالا می رسد.

(۲) روش ریتز تنها برای دامنه با شکل های ساده استفاده می شود.

(۳) در هر دو روش می توان از یک مجموعه توابع پایه استفاده کرد.

(۴) هر دو از روش های تقریب حل مسائل معادلات دیفرانسیل هستند.

۸۴- ماتریس سفتی یک المان، تابعی از کدام مورد است؟

(۱) فقط خواص هندسی (۲) فقط خواص مادی

(۳) فقط خواص مادی و هندسی (۴) خواص مادی، هندسی و قیدی

۸۵- کدام عبارت برای کاربرد المان‌های متقارن محوری، درست است؟

- (۱) کافی است تقارن هندسه حول محور طولی جسم باشد.
- (۲) کافی است بارگذاری حول محور طولی جسم، متقارن باشد.
- (۳) کافی است شرایط مرزی و خواص مادی حول محور طولی متقارن باشند.
- (۴) علاوه بر هندسه، بارگذاری خارجی و خواص مادی باید حول محور طولی متقارن باشند.

۸۶- کدام گزینه در مورد ماتریس سفتی، نادرست است؟

- (۱) غیرتکین است.
- (۲) متقارن است.
- (۳) نواری است.
- (۴) تکین است.

۸۷- در روش پنالتی، قيود گیردار به عنوان فنهایی با چه میزان ثابت فنه، لحاظ می‌شوند؟

- (۱) صفر
- (۲) نامحدود
- (۳) خیلی کوچک
- (۴) از مرتبه بزرگ‌ترین درایه قطر اصلی ماتریس سفتی

۸۸- یک المان سه بعدی چهاروجهی با وجوه منحنی شکل، حداقل چند گره دارد؟

- (۱) ۶
- (۲) ۸
- (۳) ۱۰
- (۴) ۱۲

۸۹- پتانسیل کل یک سازه الاستیک، کدام است؟

- (۱) انرژی کرنشی + پتانسیل کار نیروهای خارجی
- (۲) انرژی کرنشی - پتانسیل کار نیروهای خارجی
- (۳) انرژی کرنشی + انرژی جنبشی + پتانسیل کار نیروهای خارجی
- (۴) انرژی کرنشی + انرژی جنبشی - پتانسیل کار نیروهای خارجی

۹۰- کدام یک از شرایط مرزی را نمی‌توان مستقیماً به یک المان آجری (Brick) اعمال کرد؟

- (۱) نیرو
- (۲) فشار
- (۳) گشتاور
- (۴) قيود هندسی

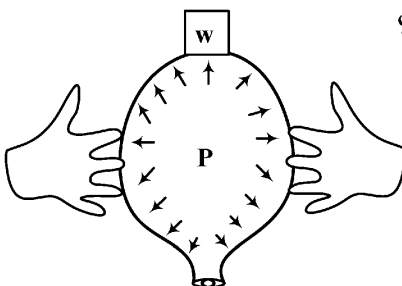
۹۱- کدام گزینه، از محدودیت‌های به کارگیری المان‌های مرتبه بالا محسوب می‌شود؟

- (۱) دقت نتایج
- (۲) هزینه و زمان محاسباتی بالا
- (۳) کاهش تعداد المان‌های مورد استفاده
- (۴) افزایش تعداد المان‌های مورد استفاده

۹۲- در روش انرژی (یکی از روش‌های FEM)، برای حل مسائل از انرژی پتانسیل کل سیستم استفاده می‌شود. برای سیستم

شکل زیر شامل یک بادکنک تحت فشار داخلی، انگشتان دو دست یک فرد و یک آجر که روی بادکنک قرار دارد، اگر

انگشتان دو دست فرد بادکنک را بفشارد، پتانسیل کل سیستم کدام خواهد بود ؟



(۱) [کار وزن آجر] - [کار انگشتان دست فرد] + [انرژی کرنشی ذخیره شده در بادکنک ناشی از فشار داخلی، بار

$$\pi_p = \text{داخلی و وزن آجر}$$

(۲) [کار وزن آجر] + [کار انگشتان دست فرد] + [انرژی کرنشی ذخیره شده در بادکنک ناشی از فشار داخلی، بار

$$\pi_p = \text{داخلی و وزن آجر}$$

(۳) [کار وزن آجر] + [کار انگشتان دست فرد] - [انرژی کرنشی ذخیره شده در بادکنک ناشی از فشار داخلی، بار

$$\pi_p = \text{داخلی و وزن آجر}$$

(۴) [کار وزن آجر] - [کار انگشتان دست فرد] - [انرژی کرنشی ذخیره شده در بادکنک ناشی از فشار داخلی، بار

$$\pi_p = \text{داخلی و وزن آجر}$$

۹۳- یک میله تحت ممان پیچشی قرار دارد. برای حل اجزای محدود در این میله از المان یک بعدی دو گره‌ای استفاده می‌شود. در این صورت .....

(۱) حداقل سه المان برای حل مسئله نیاز است.

(۲) المان یک بعدی برای حل مسئله مناسب نیست.

(۳) تنها استفاده از یک المان برای حل کل میدان کافی است.

(۴) برای انتخاب تعداد نهایی المان، نیاز به Mesh study است.

۹۴- در محاسبه تنش بر روی گره‌های یک المان، کدام مورد نادرست است؟

(۱) پیوستگی تنش در گره مشترک با المان‌های مجاور، یک شرط لازم است.

(۲) تنش در گره‌های المان را می‌توان از روی تنش محاسبه شده در نقاط گوسی، برون‌یابی کرد.

(۳) محاسبه تنش به صورت مستقیم بر روی گره‌های المان مستطیلی، دقت حل را کاهش نمی‌دهد.

(۴) محاسبه تنش به صورت مستقیم بر روی گره‌های المان مثلثی ایزوپارامتریک، دقت حل را کاهش نمی‌دهد.

۹۵- کدام یک از موارد زیر در ارتباط با پدیده‌ی قفل شدگی برشی (Shear locking)، نادرست است؟

(۱) در این پدیده المان بیش از حد سفت عمل می‌کند.

(۲) این پدیده در المان‌های ۴ وجهی مرتبه ۱ و ۲ شایع است.

(۳) با به کارگیری تعداد المان‌های بیشتر می‌توان بر این مشکل غلبه کرد.

(۴) در این پدیده بخشی از انرژی وارد شده به المان صرف برش می‌شود.

۹۶- حین استخراج فرمول بندی اجزاء محدود دو بعدی، رابطه کرنش - تغییر مکان، به صورت  $\epsilon = Lu$  بیان می‌شود. در

این رابطه کدام بیان زیر برای L درست است؟

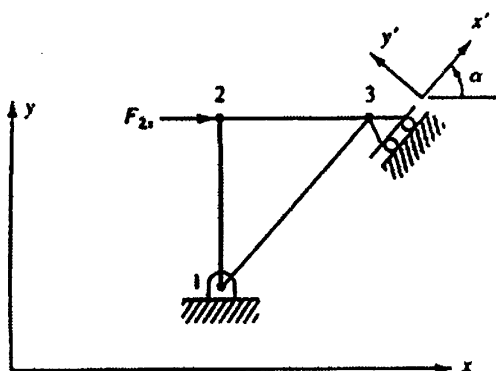
$$L = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

$$L = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$L = \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$L = \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۹۷- برای مسئله داده شده، کدام رابطه برقرار است؟



$$\{d'_3\} = [t_3] \{d_3\} \quad \text{یا} \quad \begin{Bmatrix} d'_{3x} \\ d'_{3y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_{3x} \\ d_{3y} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [I] & 0 & 0 \\ 0 & [t_3] & 0 \\ 0 & 0 & [I] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d'_1 \\ d'_2 \\ d'_3 \end{Bmatrix} \quad (۲)$$

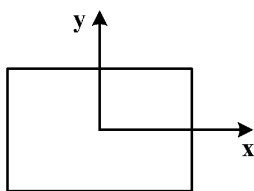
$$\begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [I] & 0 & 0 \\ 0 & [I] & 0 \\ 0 & 0 & [t_3] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d'_1 \\ d'_2 \\ d'_3 \end{Bmatrix} \quad (۱)$$

$$\begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [I] & 0 & 0 \\ 0 & [t_3]^t & 0 \\ 0 & 0 & [I] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{Bmatrix} \quad (۴)$$

$$\begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [I] & 0 & 0 \\ 0 & [I] & 0 \\ 0 & 0 & [t_3]^t \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d'_1 \\ d'_2 \\ d'_3 \end{Bmatrix} \quad (۳)$$

۹۸- برای حل میدان تنش در یک صفحه مستطیلی، تابع تنش ایری به شکل زیر بیان شده است که در آن، A، B و C مقادیر ثابتی هستند. اگر  $B = 0$  و  $C \neq 0$  و  $A \neq 0$  باشند، شرایط بارگذاری در لبه‌های این صفحه کدام است؟

$$\phi = Ax^2 + Bxy + Cy^2$$



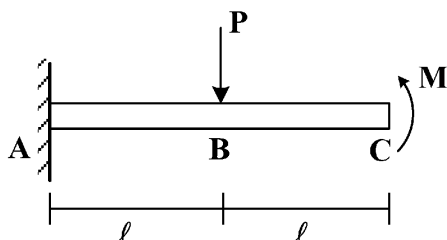
(۱) بار ترکیبی نرمال و برشی

(۲) بار نرمال تک‌محوری

(۳) بار نرمال دو‌محوری

(۴) بار برشی خالص

۹۹- برای تیر یکنواخت زیر، M چقدر باشد تا خیز نقطه C صفر شود؟



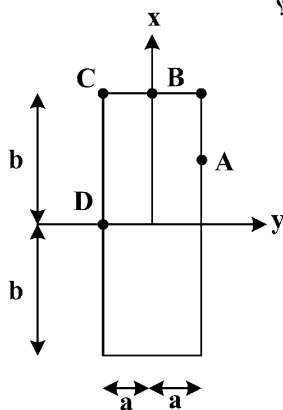
$$M = \frac{6}{17} P l \quad (۱)$$

$$M = \frac{5}{12} P l \quad (۲)$$

$$M = \frac{1}{3} P l \quad (۳)$$

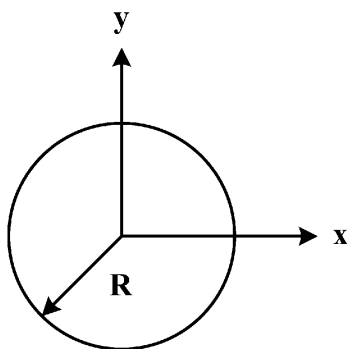
$$M = 2 P l \quad (۴)$$

۱۰۰- در پیچش میله با مقطع مستطیل روبه‌رو، بیشینه تنش برشی، در کدام نقطه رخ می‌دهد؟



- A (۱)
- B (۲)
- C (۳)
- D (۴)

۱۰۱- برای واپیچش (warping) میله با مقطع دایروی تحت گشتاور T با شعاع R، کدام رابطه درست است؟



(E مدول یانگ و G مدول برشی است.)

(۱)  $w = 0$

(۲)  $w = \frac{T}{\pi R^3 G} x$

(۳)  $w = \frac{T}{\pi R^4 E} xy$

(۴)  $w = \frac{T}{\pi R^4 G} xy$

۱۰۲- در مسئله پیچش میله، اگر محور میله در راستای z، تابع پراوتل،  $\psi$  تابع واپیچش (warping) و  $\chi$  مزدوج مختلط  $\psi$  باشد، کدام گزینه نادرست است؟ (G مدول برشی و  $\beta$  نرخ پیچش است.)

(۱)  $\frac{\partial \phi}{\partial y} = G\beta(\frac{\partial \psi}{\partial x} - y), \frac{\partial \phi}{\partial x} = -G\beta(\frac{\partial \psi}{\partial y} + x)$

(۲)  $\tau_{xz} = G\beta(\frac{\partial \phi}{\partial x} - y), \tau_{yz} = G\beta(\frac{\partial \phi}{\partial y} + x)$

(۳)  $\frac{\partial \phi}{\partial y} = G\beta(\frac{\partial \chi}{\partial y} - y), \frac{\partial \phi}{\partial x} = G\beta(\frac{\partial \chi}{\partial x} - x)$

(۴)  $\phi = G\beta \left[ \chi - \frac{1}{2}(x^2 + y^2) + b \right]$

۱۰۳- در یک میله با مقطع دایره‌ای که تحت گشتاور پیچشی خالص قرار گرفته است، کدام یک از موارد زیر، یک تابع تنش درست برای مسئله است؟ (a شعاع مقطع میله، G مدول برشی و J ممان قطبی سطح است.)

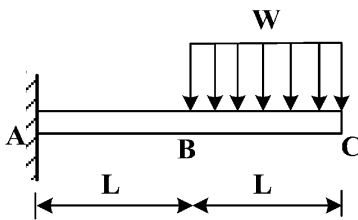
(۱)  $\phi = c(\frac{x^2 + y^2}{a^2} - 1)$

(۲)  $\phi = x^2 + y^2 - \pi a^2$

(۳)  $\phi = \frac{Ta}{GJ}$

(۴)  $\phi = 0$

۱۰۴- خیز نقطه B در تیر مقابل کدام است؟ (EI صلبیت خمشی است).



$$\frac{5WL^4}{6EI} \quad (1)$$

$$\frac{WL^4}{3EI} \quad (2)$$

$$\frac{5WL^4}{12EI} \quad (3)$$

$$\frac{7WL^4}{12EI} \quad (4)$$

۱۰۵- برای تیری با هندسه دلخواه، تحت ممان‌های خمشی  $M_y$  و  $M_z$ ، توزیع تنش نرمال در سطح مقطع تیر چه ویژگی دارد؟ (x در راستای محور تیر است).

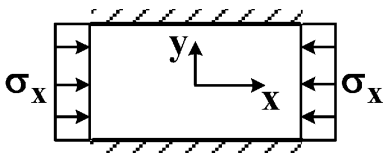
(۱) همواره صفر است و فقط تنش برشی ایجاد می‌کند.

(۲) تابعی خطی از x و y و z است.

(۳) تابعی خطی از y و z است.

(۴) تابعی خطی از x است.

۱۰۶- یک صفحه نازک را به شکل مقابل، تحت فشار  $\sigma_x$  تک‌محوره قرار می‌دهند. در دو لبه دیگر این صفحه تغییر مکان در راستای y، مقید شده است. رابطه بین  $\sigma_x$  با کرنش  $\epsilon_x$ ، کدام است؟ (v و E به ترتیب ضریب پواسون و مدول یانگ هستند).



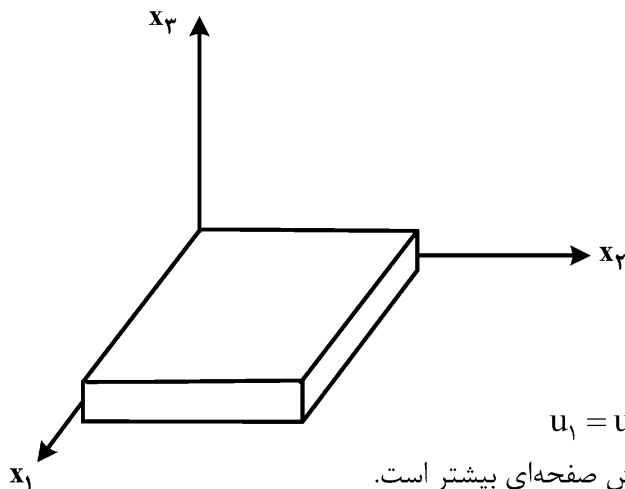
$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu} \quad (1)$$

$$\sigma_x = E \epsilon_x \quad (2)$$

$$\sigma_x = (1+\nu) E \quad (3)$$

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} \epsilon_x \quad (4)$$

۱۰۷- در مسائل تنش صفحه‌ای (Plane stress) و کرنش صفحه‌ای (Plane strain)، کدام عبارت درست است؟ ( $\epsilon$  کرنش و u جابه‌جایی است).



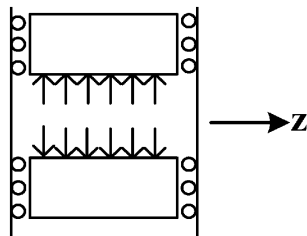
(۱) در تنش صفحه‌ای  $\epsilon_{33} = 0$

(۲) در تنش صفحه‌ای  $\epsilon_{12} = 0$

(۳) در کرنش صفحه‌ای  $u_1 = u_1(x_1, x_2)$ ,  $u_2 = u_2(x_1, x_2)$

(۴) در کرنش صفحه‌ای تعداد روابط سازگاری از حالت تنش صفحه‌ای بیشتر است.

۱۰۸- دو مخزن تحت فشار جدار ضخیم، تحت فشار داخلی یکسان قرار گرفته‌اند. شکل هر دو مخزن استوانه‌ای و هر دو انتهای آن‌ها به‌گونه‌ای متصل شده است که تغییر طول نخواهند داشت. اگر مخزن A از جنس فولاد ST37، با مدول ۲۱۰ و ضریب پواسون ۰/۳ باشد و مخزن B از جنس آلومینیم، با مدول ۷۰ گیگاپاسکال و ضریب پواسون ۰/۲۵ باشد، کدام مورد درست است؟ (Z محور طولی، r شعاعی و  $\theta$  مماسی است.)



$$\sigma_{zz}^A > \sigma_{zz}^B \quad (1)$$

$$\sigma_{\theta\theta}^A > \sigma_{\theta\theta}^B, \quad \sigma_{rr}^A < \sigma_{rr}^B \quad (2)$$

$$\sigma_{\theta\theta}^A < \sigma_{\theta\theta}^B, \quad \sigma_{rr}^A > \sigma_{rr}^B \quad (3)$$

$$\sigma_{\theta\theta}^A > \sigma_{\theta\theta}^B, \quad \sigma_{zz}^A = \sigma_{zz}^B \quad (4)$$

۱۰۹- در مقایسه تحلیل خطی و غیرخطی هندسی یک تیر خمشی الاستیک، در یک بارگذاری یکسان، کدام عبارت درست است؟

(۱) در تحلیلی غیرخطی هندسی، پس از بارگذاری و باربرداری تیر به حالت اولیه بازمی‌گردد.

(۲) در تحلیل غیرخطی هندسی، همواره رابطه بین تنش و کرنش غیر خطی است.

(۳) در هر دو تحلیل خطی و غیر خطی، سفتی تیر مستقل از بارگذاری است.

(۴) در تحلیل خطی، خیز تیر بیشتر خواهد بود.

۱۱۰- کدام تعریف برای ماتریس سختی یک سازه ( $K_{ij}$ ) درست است؟

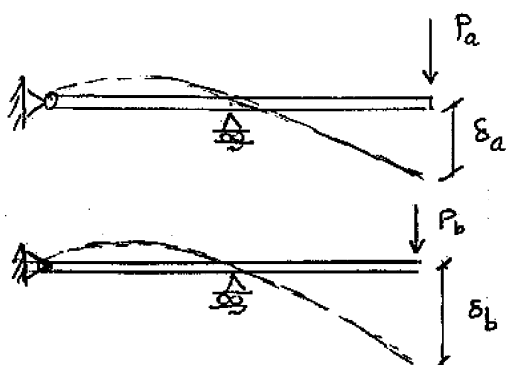
(۱) جابه‌جایی ایجادشده در درجه آزادی i به‌ازای نیروی واحد در درجه آزادی j، به شرط صفر بودن سایر نیروها در سایر درجات آزادی

(۲) نیروی ایجادشده در درجه آزادی i به‌ازای جابه‌جایی واحد در درجه آزادی j، با شرایط صفر بودن جابه‌جایی سایر درجات آزادی

(۳) نیروی ایجادشده در درجه آزادی j به‌ازای جابه‌جایی واحد در درجه آزادی i

(۴) جابه‌جایی ایجادشده در درجه آزادی j، به‌ازای نیروی واحد در درجه آزادی i

۱۱۱- تیر خمشی مقابل تحت دو بارگذاری مجزا قرار گرفته است. کدام عبارت درست است؟



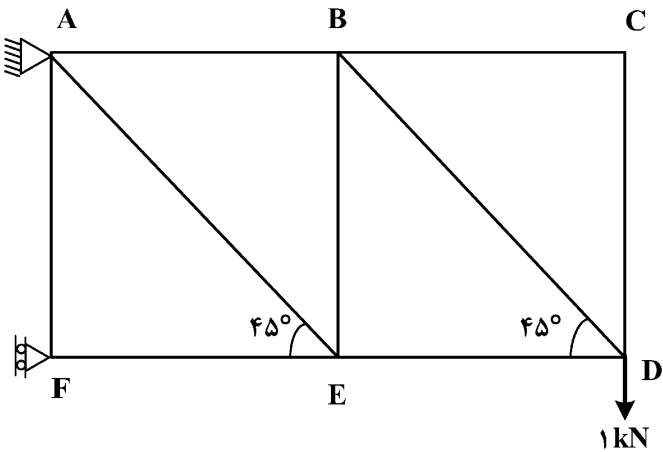
$$\frac{P_a}{\delta_b} = \frac{P_b}{\delta_a} \quad (1)$$

$$P_a \delta_b = P_b \delta_a \quad (2)$$

$$P_a + P_b = \delta_a + \delta_b \quad (3)$$

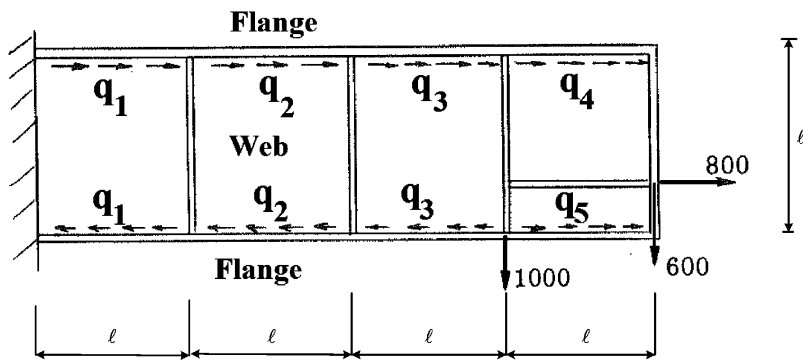
$$P_a \delta_a = P_b \delta_b \quad (4) \quad \text{تنها در صورت قرینه‌بودن تیر خمشی}$$

۱۱۲- در سازه نشان داده شده، نیروی عضو BC چند کیلو نیوتن است؟



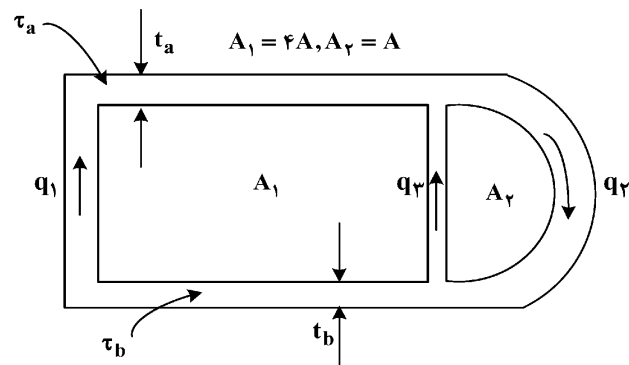
- (۱) ۱
- (۲)  $\sqrt{2}$
- (۳)  $-\sqrt{2}$
- (۴) صفر

۱۱۳- اسپار نشان داده شده، از دو فلنچ و وب میانی ساخته شده است. نیروهای خارجی ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ پوند مانند شکل وارد می شوند. در مورد جریان برشی بخش های مختلف وب، کدام مورد درست است؟



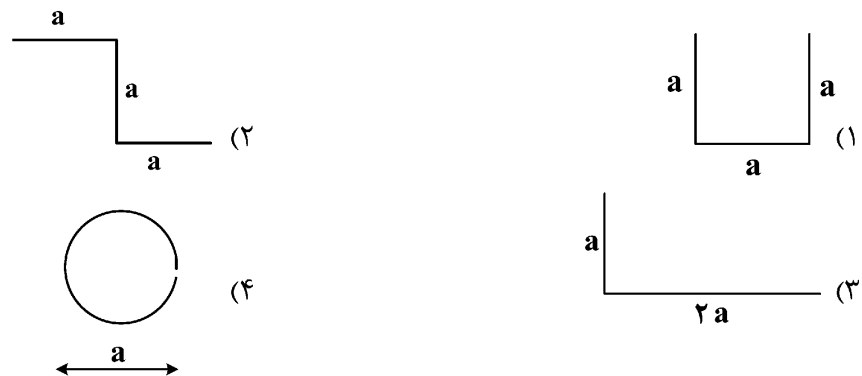
- (۱)  $q_1 = q_2 = q_3$
- (۲)  $q_1 > q_2 > q_3$
- (۳)  $q_1 < q_2 < q_3$
- (۴)  $q_2 = q_1 - q_3$

۱۱۴- در مقطع جدار نازک دو سلولی نشان داده شده تحت گشتاور پیچشی T، کدام عبارت نادرست است؟  
( $\theta_1$  و  $\theta_2$  زاویه پیچش سلول های ۱ و ۲ و  $\tau$  تنش برشی است.)



- (۱)  $T = 2A(q_2 + 4q_1)$
- (۲)  $q_2 = q_1 + q_3$
- (۳)  $\theta_1 = \theta_2$
- (۴)  $\frac{\tau_a}{\tau_b} = \frac{t_b}{t_a}$

۱۱۵- صلبیت پیچشی کدام مقطع، بیشتر است؟ (ضخامت  $t$  در همه موارد یکسان و  $t \ll a$  است).



دینامیک پرواز پیشرفته ۱- تئوری کنترل بهینه:

۱۱۶- در معادلات حرکت یک هواپیما، ترم  $rW$  چه کمیتی است؟

- (۱) نیرو  
(۲) سرعت زاویه‌ای  
(۳) شتاب انتقالی  
(۴) شتاب زاویه‌ای

۱۱۷- اگر روابط سینماتیکی هواپیما برای ترتیب چرخش‌های اولیئر  $\psi \rightarrow \phi \rightarrow \theta$  به شکل زیر باشند، سرعت‌های زاویه‌ای اولیئر بر حسب  $p$  و  $q$  و  $r$  به چه صورت خواهند بود؟

$$\begin{aligned} p &= \dot{\theta} \cos(\phi) \sin(\psi) + \dot{\phi} \cos(\psi) \\ q &= \dot{\theta} \cos(\phi) \cos(\psi) - \dot{\phi} \sin(\psi) \\ r &= -\dot{\theta} \sin(\phi) + \dot{\psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{\theta} &= (q \cos(\theta) + p \sin(\theta)) \sec(\phi) & \dot{\theta} &= (q \cos(\psi) + p \sin(\psi)) \sec(\phi) \\ \dot{\phi} &= p \cos(\theta) - q \sin(\theta) & \dot{\phi} &= p \cos(\psi) - q \sin(\psi) \\ \dot{\psi} &= \tan(\phi)(q \cos(\theta) + p \sin(\theta)) & \dot{\psi} &= r + \tan(\phi)(q \cos(\psi) + p \sin(\psi)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{\theta} &= (q \cos(\psi) + p \sin(\psi)) \sec(\phi) & \dot{\theta} &= (q \cos(\psi) + p \sin(\psi)) \sec(\phi) \\ \dot{\phi} &= p \cos(\psi) - q \sin(\psi) & \dot{\phi} &= \tan(\phi)(q \cos(\psi) + p \sin(\psi)) \\ \dot{\psi} &= \tan(\phi)(q \cos(\psi) + p \sin(\psi)) & \dot{\psi} &= r + (p \cos(\psi) - q \sin(\psi)) \end{aligned}$$

۱۱۸- به منظور استخراج ماتریس انتقال از سیستم مختصات بدنی به صفحه افق، کدام مورد درست است؟

$$C_x(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}; C_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}; C_z(\psi) = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} C_x(-\phi) \quad C_y(-\theta) & \quad (۲) & C_y(\theta) \quad C_x(\phi) & (۱) \\ C_y(-\theta) \quad C_x(-\phi) & \quad (۴) & C_x(\phi) \quad C_y(\theta) & (۳) \end{aligned}$$

۱۱۹- اگر بخواهیم به کمک مثلث باد ( $V_w = V_g - V_a$ )، سرعت باد را در دستگاه مختصات جغرافیایی NED (N: شمال، E: شرق و D: پایین) در شرایط پروازی سطح دریا محاسبه کنیم، کدام یک از مجموعه سنسورهای زیر نیاز است؟ ( $V_g$ : سرعت زمینی،  $V_a$ : سرعت حقیقی،  $V_w$ : سرعت باد)

(۱) بارومتر و AHRS

(۲) GPS و بارومتر

(۳) لوله پیتوت و GPS

(۴) لوله پیتوت، AHRS و GPS

۱۲۰- در یک هواپیمای مسافربری متداول، کدام یک از مشتقات پایداری هواپیما، ذاتاً نمی‌تواند علامت ناپایدارکنندگی استاتیکی داشته باشد؟

(۱)  $M_\alpha$

(۲)  $N_\beta$

(۳)  $M_u$

(۴)  $L_\beta$

۱۲۱- کدام عبارت درباره مودهای یک هواپیما مانند پریود کوتاه، فوگوئید، اسپیرال و داج رول، نا درست است؟

(۱) به منظور استخراج مودهای دینامیکی، لازم است از معادلات خطی پرده استفاده می‌شود.

(۲) مودها می‌تواند باعث ایجاد علائمی همچون تهوع، سرگیجه و ضعف در مسافران شود.

(۳) رفتار این مودها توسط سیستم کنترل پرواز خودکار هواپیما می‌تواند بهبود یابد.

(۴) مودها می‌تواند در اثر حرکت بار یا مسافران در کابین ایجاد شود.

۱۲۲- کدام عبارت در مورد تأثیر دینامیکی سیستم‌های دوار مثل موتور و ملخ یک هواپیما، نا درست است؟

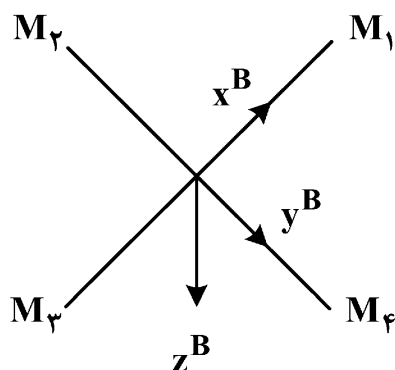
(۱) این تأثیر در معادلات سینتیک دورانی ظاهر می‌شود.

(۲) این تأثیر در هواپیماهایی با تعداد فرد موتور می‌تواند اهمیت داشته باشد.

(۳) این تأثیر باعث ایجاد کوپلینگ دینامیک طولی و عرضی در یک هواپیما می‌شود.

(۴) یک راه‌حل برای حذف این تأثیر، استفاده از آلیاژهای سنگین برای تولید قطعات موتور است.

۱۲۳- یک چهارپره با جرم  $m$  و ماتریس ممان اینرسی  $I^B$  را در حال پرواز مطابق شکل زیر، در



نظر بگیرید. کدام عبارت نا درست است؟

(۱) در صورتی که یکی از ملخ‌ها به صورت ناگهانی متوقف شود، آنگاه ممان اینرسی چهارپره تغییر نمی‌کند.

(۲) مقاومت چهارپره در برابر دوران حول محور  $z$  بدنی بیشتر از دو محور دیگر است.

(۳) به دلیل  $I_{zz} > I_{yy}$  و  $I_{zz} > I_{xx}$ ، تلاش کنترلی کمتری در کانال یاو نیاز است.

(۴) به دلیل تقارن، ممان اینرسی ضربی  $I_{xy}$  تقریباً صفر است.

۱۲۴- کدام مورد، درباره ممان اینرسی یک هواپیمای متعارف نادرست است؟

(۱) به دلیل وجود  $I_{xz}$ ، گشتاور رول باعث نرخ یاء می شود.

(۲) به دلیل وجود  $I_{xz}$ ، گشتاور یاء باعث نرخ رول می شود.

(۳) ممان اینرسی ضربی  $I_{yz} = I_{xy} \approx 0$  تقریباً صفر است.

(۴)  $I_{xz}$  باعث ایجاد کوپلینگ دینامیک کانال طولی و عرضی - سمتی می شود.

۱۲۵- سیستم داده شده با معادلات زیر را در نظر بگیرید. برای بررسی پایداری مبدأ سیستم با استفاده از روش دوم

لیاپانوف، تابع  $V(x) = \frac{1}{4}(x_1^4 + 2x_1^2 + x_2^2)$  را نامزد می کنیم. کدام عبارت درست است؟

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -2x_1 - 3x_2 - 2x_1^3 \end{cases}$$

(۱) سیستم پایداری مجانبی فراگیر است.

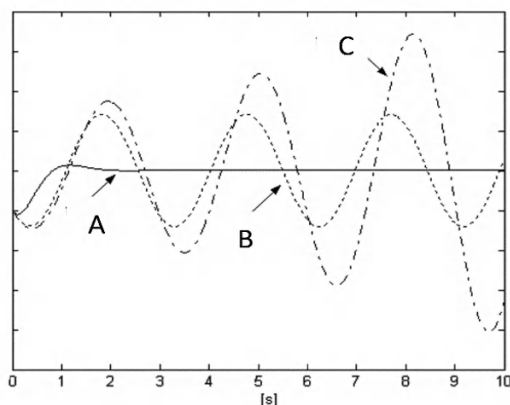
(۲)  $V$  و  $\dot{V}$  هر دو مثبت معین است و لذا سیستم ناپایدار است.

(۳)  $\dot{V}$  به ازای  $x_1 \neq 0$  و  $x_2 = 0$  برابر صفر بوده و لذا نمی توان در مورد پایداری مجانبی نتیجه گرفت.

(۴)  $V$  و  $\dot{V}$  هر دو مثبت است، اما با انتخاب تابع بهتری برای لیاپانوف می توان پایداری سیستم را نشان داد.

۱۲۶- نمودار زیر بیانگر رفتار دینامیکی هواپیما در یک مانور سریع چرخش با وجود خلبان در حلقه است. چنانچه  $\tau$

بیانگر تأخیر در واکنش خلبان باشد، کدام یک از گزینه های زیر درست است؟



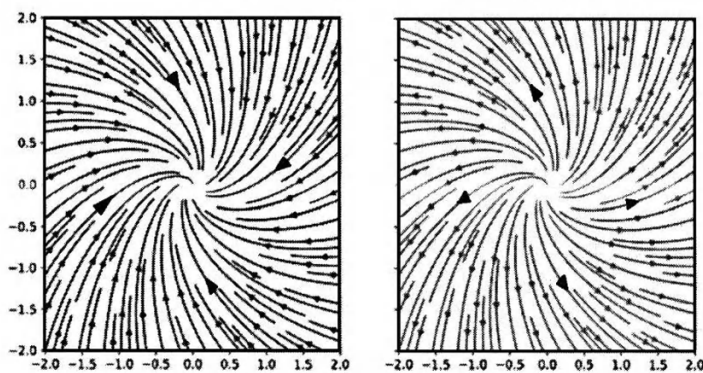
(۱) افزایش یا کاهش  $\tau$  در نهایت رفتار دینامیکی را به سمت نمودار B سوق خواهد داد.

(۲) افزایش  $\tau$  می تواند رفتار دینامیکی را به سمت نمودار C سوق دهد.

(۳) افزایش  $\tau$  می تواند رفتار دینامیکی را به سمت نمودار A سوق دهد.

(۴) افزایش یا کاهش  $\tau$  تأثیری بر رفتار دینامیکی ندارد.

۱۲۷- نمودار صفحه فاز نشان داده شده در شکل زیر، بیانگر کدام پایداری حول نقطه تعادل  $(0, 0)$  است؟



(ب)

(الف)

(۱) ناپایداری (ب) پایدار مجانبی

(۲) پایدار مجانبی (ب) پایدار مجانبی

(۳) ناپایداری (ب) پایداری مجانبی فراگیر

(۴) پایدار لیاپانوف (ب) پایدار مجانبی فراگیر

۱۲۸- خلبانی می‌خواهد سیستم یک پرنده با تابع تبدیل  $\frac{1}{s+\alpha}$  به‌ازای  $\alpha < 0$  را کنترل کند. کدام مورد در تابع تبدیل

خلبان، باید مشاهده شود؟

- (۱) صفر سمت راست محور موهومی  
(۲) صفر سمت چپ محور موهومی  
(۳) قطب سمت راست محور موهومی  
(۴) قطب سمت چپ محور موهومی

۱۲۹- هواپیمایی دچار نوسان نامیرا کانال پیچ شده، سپس خلبان اقدام لازم را انجام می‌دهد. در این صورت در تابع تبدیل خلبان، کدام جبران‌ساز باید مشاهده شود؟

- (۱) جبران‌ساز تناسبی - مشتقی (PD)  
(۲) جبران‌ساز تناسبی - مشتقی - انتگرالی (PID)  
(۳) جبران‌ساز پس‌فاز (lag)  
(۴) جبران‌ساز تناسبی - انتگرالی (PI)

۱۳۰- در مورد رفتار زاویه پیچ یک هواپیمای جت مسافربری در شرایط کروز برحسب تغییرات سکان افقی (Elevator)

به اندازه ۱۰ درجه، کدام گزینه درست است؟ ( $\theta$ : زاویه پیچ هواپیما،  $\delta_e$ : زاویه سکان افقی واقع در دم افقی)

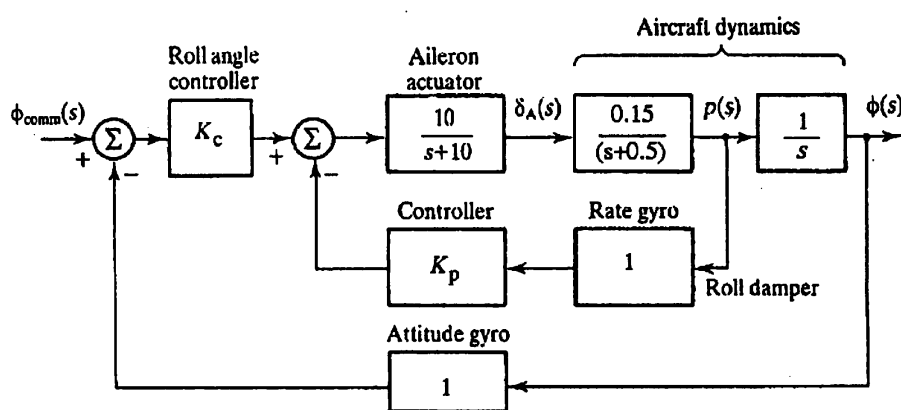
- (۱)  $\theta = 0$   
(۲)  $\theta > \delta_e$   
(۳)  $\theta = \infty$   
(۴) مقدار محدود  $\theta$

۱۳۱- کدام مورد، در خصوص سیستم‌های کنترل پرواز هواپیما درست است؟

- (۱) سیستم کنترل ارتفاع پرواز هواپیما از طریق نیروی جاذبه و با استفاده از سکان عمودی (Rudder) کار می‌کند.  
(۲) سیستم کنترل عدد ماخ پرواز هواپیما از طریق تغییر سرعت هواپیما و با استفاده از عملگر دریچه سوخت (Throttle) کار می‌کند.  
(۳) سیستم کنترل دور موزن هواپیما از طریق ایجاد زاویه غلت (Roll angle) و با استفاده از عملگرهای شهپر (Ailerons) کار می‌کند.  
(۴) سیستم کنترل سمت هواپیما از طریق ایجاد زاویه لغزش جانبی (Side Slip angle) و با استفاده از سکان افقی و عمودی (Rudder & Elevator) کار می‌کند.

۱۳۲- در شکل زیر، بلوک دیاگرام سیستم کنترل زاویه رول هواپیما رسم شده است. اگر  $K_p = 1$  و  $K_c = 2$  باشد،

تابع تبدیل سیستم کنترل مدار بسته کدام است؟



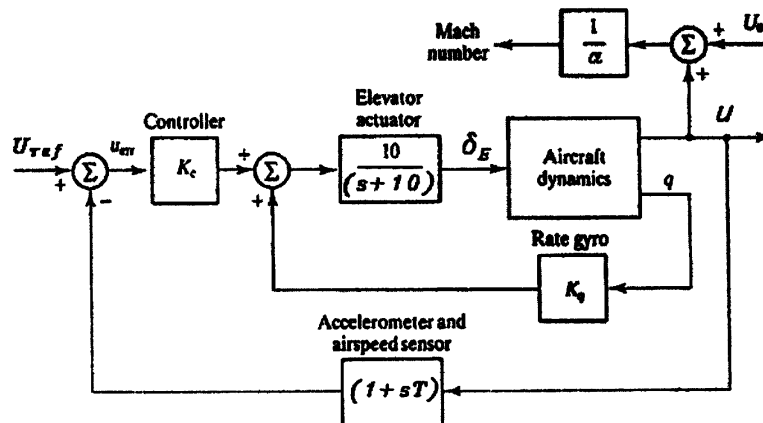
$$\frac{\phi(s)}{\phi_{comm}(s)} = \frac{3}{s^3 + 11.5s^2 + 5.5s + 3} \quad (2)$$

$$\frac{\phi(s)}{\phi_{comm}(s)} = \frac{3}{s^3 + 10.5s^2 + 6.5s + 3} \quad (1)$$

$$\frac{\phi(s)}{\phi_{comm}(s)} = \frac{1}{s^3 + 11.5s^2 + 5.5s + 3} \quad (4)$$

$$\frac{\phi(s)}{\phi_{comm}(s)} = \frac{1}{s^3 + 10.5s^2 + 6.5s + 1} \quad (3)$$

۱۳۳- بلوک دیاگرام زیر چه سیستمی را در هواپیما نشان می‌دهد؟



(۱) سیستم افزایشنده پایداری طولی هواپیما (Longitudinal SAS)

(۲) سیستم افزایشنده پایداری زاویه فراز هواپیما (Pitch Rate SAS)

(۳) سیستم کنترل سرعت پرواز (Speed Control System)

(۴) سیستم کنترل عدد ماخ (Mach Hold System)

۱۳۴- در یک سیستم Yaw damper، فیلتر Wash Out:

(۱) فقط در فرکانس خاصی بهره بالاتر از یک دارد.

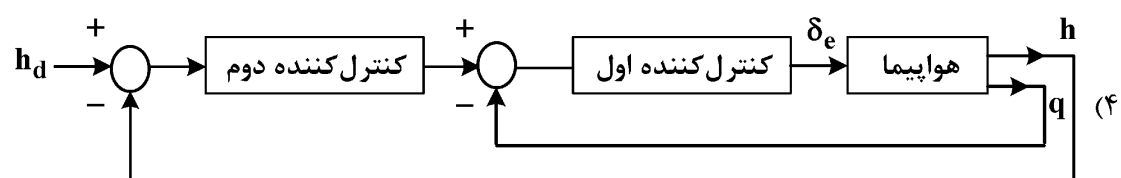
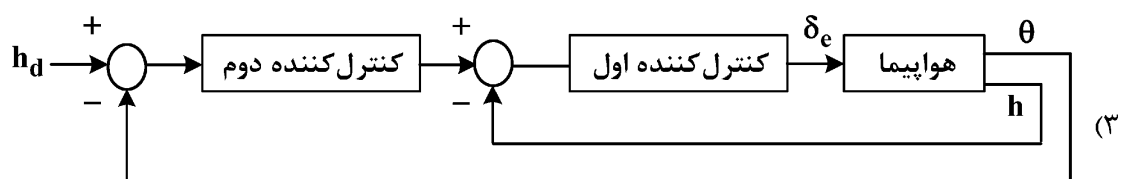
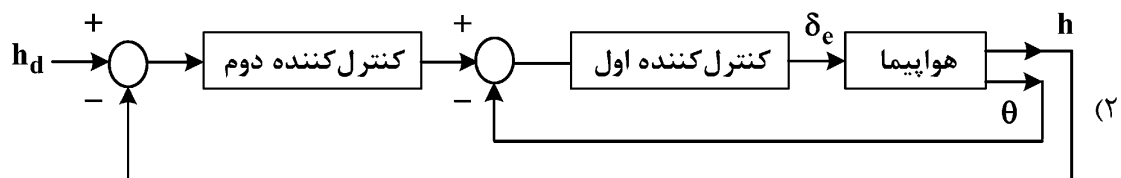
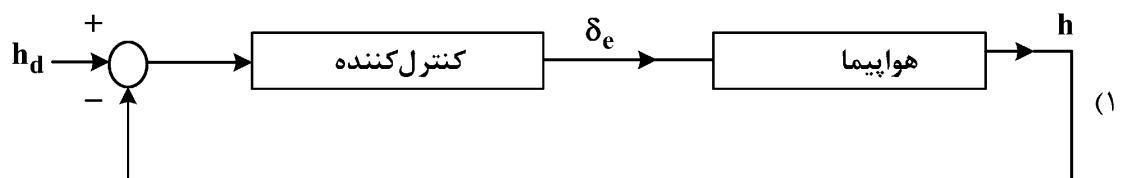
(۲) فرکانس‌های بزرگ را حذف و فرکانس‌های کم را عبور می‌دهد.

(۳) فرکانس‌های کم را حذف و فرکانس‌های بزرگ را عبور می‌دهد.

(۴) در فرکانس طراحی شده بهره سیستم را به شدت افزایش می‌دهد.

۱۳۵- کدام ساختار کنترلی زیر، برای کنترل ارتفاع یک هواپیما در هنگام اغتشاش کانال پیچ، مناسب‌تر است؟

ارتفاع:  $h$       زاویه پیچ:  $\theta$       ارتفاع مطلوب:  $h_d$       سرعت زاویه‌ای کانال پیچ:  $q$



۱۳۶- کدام یک از عبارات‌های زیر نادرست است؟

- (۱) مقادیر ویژه یک ماتریس قطری برابر با درایه‌های قطری آن ماتریس است.
- (۲) ماتریس حالت سیستم حلقه بسته با قانون کنترلی  $u = -Kx$  به صورت  $(A - BK)$  است.
- (۳) هر سیستم مشاهده‌پذیر، آشکارپذیر نیز است. اما هر سیستم آشکارپذیر، الزاماً مشاهده‌پذیر نیست.
- (۴) تعداد سطرهای ماتریس بهره فیدبک حالت، برابر با تعداد متغیرهای حالت و تعداد ستون‌های آن، برابر با تعداد ورودی‌های کنترلی است.

۱۳۷- برای سیستم زیر با فرض آنکه  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  حقیقی و متمایز باشند، شرط آنکه سیستم کنترل‌پذیر باشد، کدام است؟

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} u$$

(۱)  $b_i$  متمایز باشند.

(۲)  $b_i \neq 0, i = 1, 2, 3$

(۳)  $b_1 + b_2 = b_3$

(۴)  $b_3 \leq 0$

۱۳۸- اگر فرم جردن ماتریس  $A$  به صورت زیر باشد، آنگاه تعداد بردارهای ویژه مستقل و تعمیم‌یافته برابر است با .....

$$J = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_1 \end{bmatrix}$$

(۱) دو بردار ویژه مستقل و دو بردار ویژه تعمیم‌یافته

(۲) سه بردار ویژه مستقل و یک بردار ویژه تعمیم‌یافته

(۳) یک بردار ویژه مستقل و سه بردار ویژه تعمیم‌یافته

(۴) چهار بردار ویژه مستقل و دو بردار ویژه تعمیم‌یافته

۱۳۹- ماتریس بهره حالت یک مشاهده‌گر، که قطب‌های حلقه بسته مشاهده‌گر و سیستم زیر را بر روی  $j \pm 1$  می‌اندازد، کدام است؟

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$K_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ -3 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$K_0 = \begin{bmatrix} 32 \\ 3 \\ -7 \end{bmatrix} \quad (۲)$$

$$K_0 = \begin{bmatrix} -7 \\ 32 \\ 3 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

(۴) سیستم مشاهده‌پذیر نیست.

۱۴۰- کدام یک از مراحل زیر در زمره مراحل طراحی یا حل مسئله کنترل بهینه نیست؟

(۱) تشکیل تابع همیلتونین (۲) به کارگیری اصل پونترگین

(۳) قراردعی قطبها در موقعیت مطلوب (۴) تولید شرایط لازم برای اکستریمال

۱۴۱- فرض کنید  $A$  ماتریس حالت یک سیستم خطی پایدار و  $Q$  یک ماتریس مثبت معین متقارن است. کدام مورد

می تواند پاسخ معادله لیاپانوف  $A^T P + PA = -Q$  باشد؟

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & -2 & 0 \\ -3 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (۲)$$

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -2 & 1 & 0 \\ -2 & -3 & 3 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$P = \begin{bmatrix} -2 & 2 & 1 \\ -3 & -1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 0 \\ -2 & -3 & 3 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۱۴۲- در مسئله کنترل بهینه نامحدود (Unbounded States and Controls)، چگونه می توان از بروز رفتار نامطلوب

(impulsive or non-smooth) متغیرهای حالت و ورودی های کنترلی، جلوگیری کرد؟

(۱) کنترل BANG-BANG (۲) تنظیم ماتریس های وزنی حالت و کنترل

(۳) به کارگیری اصل پونترگین (۴) معادلات همیلتون - ژاکوبی

۱۴۳- شرایط لازم جهت ثابت شدن ماتریس  $K(t)$  در مسئله کنترل کننده تنظیم کننده خطی (LQR)، چیست؟

(۱) مشاهده پذیر بودن سیستم و محدود بودن زمان پایانی

(۲) کنترل پذیر بودن سیستم و ثابت نبودن ماتریس های سیستمی و کنترلی

(۳) ثابت بودن ماتریس های سیستمی و کنترلی و محدود بودن زمان پایانی

(۴) ثابت بودن ماتریس های سیستمی و کنترلی و به سمت بی نهایت رفتن زمان پایانی

۱۴۴- برای سیستم LQR داده شده، حل پیوسته  $x^*(t)$  کدام است؟

$$\dot{x} = u(t) ; x(0) = 1$$

$$J = x^T(1) + \int_0^1 u^T(t) dt$$

Hint :

$$\dot{K} + Q - KBR^{-1}B^TK + KA + A^TK = 0, K(t_f) = H$$

$$u^*(t) = -R^{-1}B^TK(t)x^*(t)$$

$$x^*(t) = t - \frac{1}{2} \quad (۱)$$

$$x^*(t) = t + \frac{1}{2} \quad (۲)$$

$$x^*(t) = 1 - \frac{t}{2} \quad (۳)$$

$$x^*(t) = 1 + \frac{t}{2} \quad (۴)$$

۱۴۵- در صورتی که  $u$  بیانگر ورودی کنترلی و  $d$  بیانگر ورودی اغتشاشی باشند، کدام تابع هزینه، حداقل تلاش کنترلی را در حضور بدترین اغتشاش نشان می‌دهد؟

$$J = \int_{t_0}^{t_f} u^2 dt \quad (۱)$$

$$J = \int_{t_0}^{t_f} (d^2 - u^2) dt \quad (۲)$$

$$J = \int_{t_0}^{t_f} (u^2 + d^2) dt \quad (۳)$$

$$J = \int_{t_0}^{t_f} (u^2 - d^2) dt \quad (۴)$$

۱۴۶- در فرایند حل مسئله کنترل بهینه از روش ریاضیات تغییرات، به چه الگویی از شرط لازم برای دستیابی به اکستریمال خواهیم رسید؟

(۲) به یک معادله همیلتون - بلمن - ژاکوبی

(۱) به یک معادله دیفرانسیل جزئی

(۴) به یک معادله جبری ریکاتی

(۳) به یک معادله دیفرانسیل عادی

۱۴۷- کدام یک از منحنی‌های زیر، تابع  $J(x(t), t) = \int_0^{\pi} [\dot{x}^2(t) - x^2(t)] dt$  را با شرط مرزی  $x(0) = 0$  و  $x(\frac{\pi}{2}) = 1$ ،

کمینه می‌کند؟

$$\cos(\pi t) \quad (۱)$$

$$\cos(\frac{\pi}{2} - t) \quad (۲)$$

$$\sin(\pi t) \quad (۳)$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} - t) \quad (۴)$$

۱۴۸- منحنی اکستریمال تابع زیر، کدام است؟

$$J(y) = \int_a^b (yy' + y'^2) dx$$

$$y(x) = c_1 x + c_2 e^x + c_3 \quad (۱)$$

$$y(x) = c_1 x^2 + c_2 x + c_3 \quad (۲)$$

$$y(x) = c_1 x + c_2 \quad (۳)$$

$$y(x) = c_1 x^2 + c_2 \quad (۴)$$

۱۴۹- اگر تابع  $x(t)$  یک حداقل برای تابع  $J = \int_1^{t_f} \left[ \frac{1}{2} \dot{x}^2(t) + 2x(t) \right] dt$  با شرایط مرزی  $x(1) = 4$  و  $x(t_f) = 4$

باشد، زمان نهایی کدام است؟

$$t_f = 5 \quad (۱)$$

$$t_f = 5/5 \quad (۲)$$

$$t_f = 7 \quad (۳)$$

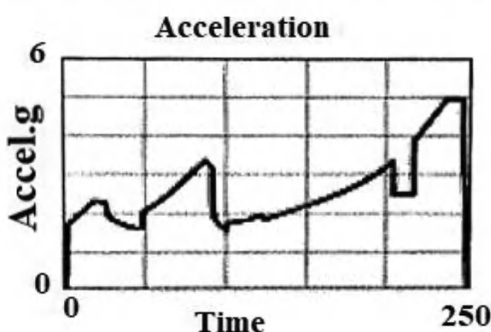
$$t_f = 15 \quad (۴)$$

- ۱۵۰- کدام یک از موارد زیر درخصوص مقایسه بین روش‌های عددی حل مسائل کنترل بهینه، درست است؟  
 (۱) روش Steepest Descent فقط برای مسائل با شرایط نهایی آزاد (free) مناسب است.  
 (۲) سرعت همگرایی روش Steepest Descent در مقایسه با روش Quasi-Linearization بیشتر است.  
 (۳) حجم محاسباتی روش Steepest Descent نسبت به روش Variation of Extremals بیشتر است.  
 (۴) همگرایی روش Steepest Descent حساسیت کمتری نسبت به انتخاب شرط اولیه در مقایسه با روش Quasi-Linearization دارد.

طراحی سیستمی فضاییما - دینامیک پرواز و کنترل فضاییما:

- ۱۵۱- کدام یک از عوامل زیر، بیشترین تأثیر را بر روی مقدار نیروهای آیرودینامیکی وارد بر فضاییما در حال حرکت در لایه اگزوسفر اتمسفر دارد؟  
 (۱) شکل فضاییما  
 (۲) جرم حجمی اتمسفر  
 (۳) ضریب بالستیک فضاییما  
 (۴) سرعت نسبی بین فضاییما و جریان اتمسفر
- ۱۵۲- با در نظر گرفتن جمیع ملاحظات طراحی، کدام رویکرد کنترل وضعیت برای ماهواره‌ای با الزام نشانه روی زمین با دقت  $5/5^\circ$ ، مناسب‌تر است؟  
 (۱) سه‌محوره (۲) بایاس ممنوم (۳) گرادیان جاذبه (۴) پایدارسازی چرخان
- ۱۵۳- کدام مورد درخصوص کمربندهای تشعشعی ون‌آلن اطراف کره زمین، درست است؟  
 (۱) یون‌های باردار اطراف کره زمین، فقط در کمربندهای ون‌آلن یافت می‌شوند.  
 (۲) منشاء تغریه یون‌های باردار در کمربندهای تشعشعی ون‌آلن تشعشعات کیهانی هستند.  
 (۳) کمربندهای ون‌آلن، عبارتند از دو کمر بند داخلی و خارجی که به ترتیب محل تجمع الکترون‌ها و پروتون‌های پرنرژی هستند.  
 (۴) یون‌های پرنرژی الکترون در کمر بند داخلی و یون‌های پرنرژی پروتون در کمر بند خارجی ون‌آلن یافت می‌شوند.
- ۱۵۴- انواع حسگرهای مرجع مورد استفاده برای تعیین وضعیت فضاییما در مدار LEO به ترتیب بیشترین دقت کدامند؟  
 (۱) ردیاب ستاره‌ای - حسگر خورشید - حسگر افق - مغناطیس سنج  
 (۲) حسگر خورشید - اسکنر ستاره‌ای - مغناطیس سنج - حسگر افق  
 (۳) بیکن فرکانس رادیویی - ژيروسکوپ فیبر نوری - حسگر افق - حسگر خورشید  
 (۴) ژيروسکوپ فیبر نوری - حسگر افق - حسگر خورشید - بیکن فرکانس رادیویی
- ۱۵۵- کاهش فشار اتمسفر همراه با افزایش ارتفاع حرکت پرتابگرها از دید طراحی به ترتیب، چه تأثیری روی عملکرد و ساختار موتورهای آن دارد؟  
 (۱) افزایش نیروی پیشران (تراست) و کاهش قطر بهینه سطح مقطع خروجی شیبوره (نازل) موتور  
 (۲) افزایش نیروی پیشران (تراست) و افزایش قطر بهینه سطح مقطع خروجی شیبوره (نازل) موتور  
 (۳) کاهش نیروی پیشران (تراست) و افزایش قطر بهینه سطح مقطع خروجی شیبوره (نازل) موتور  
 (۴) کاهش نیروی پیشران (تراست) و کاهش قطر بهینه سطح مقطع خروجی شیبوره (نازل) موتور
- ۱۵۶- به منظور ایجاد یک ارتباط مخابراتی پیوسته و دائم، برای یک منطقه وسیع بر روی کره زمین با عرض جغرافیایی بالا، استفاده از کدام مورد مناسب است؟  
 (۱) حداقل سه ماهواره در مدار قطبی با ارتفاع کمتر از ۸۰۰ کیلومتر  
 (۲) حداقل سه ماهواره در مدار LEO خورشید آهنگ  
 (۳) حداقل سه ماهواره در مدار مولنیا  
 (۴) یک ماهواره در مدار زمین ثابت

۱۵۷- شکل زیر معرف تغییرات شتاب طولی یک پرتابگر چندمرحله‌ای، در طول پرتاب است. با توجه به نمودار، کدام



مورد درست است؟

- (۱) پرتابگر سه مرحله‌ای بدون بوسترهای شتاب‌دهنده است.
- (۲) پرتابگر دو مرحله‌ای بدون بوسترهای شتاب‌دهنده است.
- (۳) پرتابگر دو مرحله‌ای با بوسترهای شتاب‌دهنده است.
- (۴) پرتابگر سه مرحله‌ای با بوسترهای شتاب‌دهنده است.

۱۵۸- برای یک کپسول فضایی حامل انسان، کدام یک از مدارهای زیر به منظور اقامت طولانی در فضا، توصیه می‌شود؟

- (۱) مدار دایروی قطبی با ارتفاعی کم‌تر از شعاع داخلی حلقه داخلی کمربند ون‌آلن
- (۲) مدار دایروی غیرقطبی با ارتفاع کم‌تر از شعاع داخلی حلقه داخلی کمربند ون‌آلن
- (۳) مدار دایروی قطبی با ارتفاعی بیش‌تر از شعاع خارجی کمربند داخلی و کم‌تر از شعاع داخلی کمربند خارجی ون‌آلن
- (۴) مدار دایروی غیرقطبی با ارتفاعی بیش‌تر از شعاع خارجی کمربند داخلی و کم‌تر از شعاع داخلی کمربند خارجی ون‌آلن

۱۵۹- کدام مورد به عنوان منبع خطا در موقعیت‌یابی به کمک ماهواره‌های ناوبری، شناخته نمی‌شود؟

- (۱) خطای افریس
- (۲) خطای یونوسفر
- (۳) خطای آنتن‌های حلقوی
- (۴) خطای بازتاب چند مسیره

۱۶۰- در شکل نشان داده شده، نمودار شماره ۱ معرف تغییرات چه ویژگی از پرتابگر فضایی در طول زمان حمل ماهواره به مدار است؟

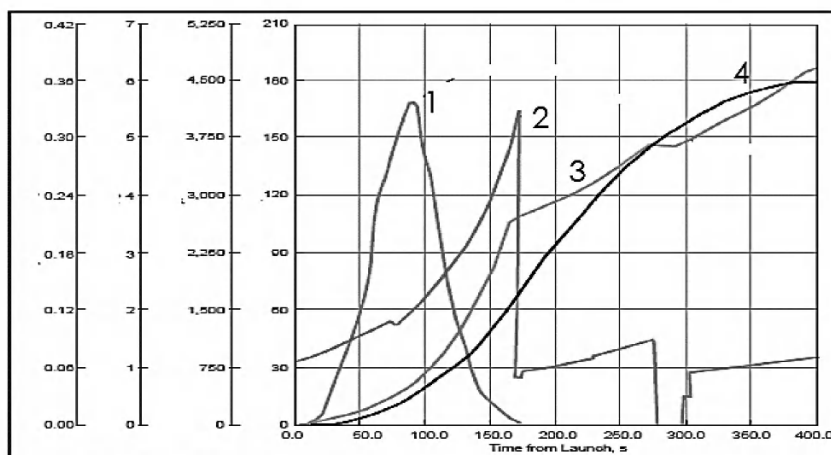


Figure 2.7-1 Atlas IIA Nominal Ascent Data

(۱) سرعت

(۲) ارتفاع پرواز

(۳) شتاب طولی

(۴) فشار دینامیکی

۱۶۱- قابلیت تعویض (interchangeability) زیرمجموعه، برای کدام یک از الزامات است؟

- (۱) عملیات
- (۲) پشتیبانی
- (۳) پیکربندی
- (۴) فصل مشترک

۱۶۲- بیشترین دمایی که یک فضاپیما در حین پرتاب تجربه می‌کند ناشی از چیست؟

- (۱) ناریه
- (۲) موتور
- (۳) تابش خورشید
- (۴) گرمایش آیرودینامیکی

۱۶۳- کدام یک از منابع اغتشاشات مداری در مدار زمین آهنگ، وابسته به نسبت سطح به جرم ماهواره است؟

- (۱) فشار ناشی از تابش خورشید
- (۲) پسای ماهواره
- (۳) اثر سیاره مشتری
- (۴) اثر جاذبه

- ۱۶۴- افزایش قدرت تفکیک یک ماهواره سنجشی، چه الزامی برای سیستم مخابرات ماهواره ایجاد می‌کند؟  
 (۱) کاهش پهنای باند گیرنده تله کامند  
 (۲) افزایش نرخ داده فرستنده محموله  
 (۳) افزایش نرخ داده فرستنده تله متری  
 (۴) کاهش فراکنس گیرنده موقعیت یاب جهانی
- ۱۶۵- مهم‌ترین الزام کنترل وضعیت یک فضاپیما که در مسیر بین سیاره‌ای قبل از رسیدن به هدف است، توسط کدام زیر سیستم تعیین می‌شود؟  
 (۱) توان  
 (۲) حرارت  
 (۳) مخابرات  
 (۴) محموله
- ۱۶۶- کدام یک از موارد زیر در درخت محصول، جزء زیرمجموعه زمینی نیست؟  
 (۱) مرکز کنترل محموله  
 (۲) مرکز کنترل مأموریت  
 (۳) سیستم‌های مخابراتی  
 (۴) تجهیزات پشتیبانی زمینی
- ۱۶۷- در یک ماهواره سنجشی، انتخاب ظرفیت باتری بر چه اساسی انجام می‌شود؟  
 (۱) توان تولیدی و مصرفی در یک مدار  
 (۲) حداقل توان تولیدی پانل خورشیدی  
 (۳) اوج توان مصرفی هنگام اجرای مأموریت  
 (۴) میزان توان مصرفی در هنگام حضور در سایه زمین
- ۱۶۸- شرط آن که بتوان ماهواره ممنوم بایاس را بدون اندازه‌گیری زاویه سمت، کنترل کرد، کدام است؟  
 (۱) ماتریس ممان اینرسی قطری باشد.  
 (۲) توزیع جرمی حول محور شعاعی حداکثر باشد.  
 (۳) مولفه‌های ماتریس ممان اینرسی غیر صفر باشند.  
 (۴) چرخ ممنوم در امتداد یکی از محورهای اصلی قرار گیرد.
- ۱۶۹- درخصوص معادلات کلوسی - ویلشایر، کدام توصیف درست است؟  
 (۱) مدار ماهواره مرجع که معادلات حول آن خطی می‌شوند، الزاماً باید دایروی باشد.  
 (۲) علی‌رغم خطی بودن، مستقل از میزان فاصله دو ماهواره از یکدیگر، از دقت کافی برخوردار است.  
 (۳) اعتبار معادلات به زاویه شیب بستگی داشته و برای مدارهای قطبی از دقت کافی برخوردار نیست.  
 (۴) هیچ کدام
- ۱۷۰- اگر  $q^*$  وضعیت مطلوب در دستگاه بدنی و  $q$  وضعیت جاری باشد، خطای کنترل وضعیت برحسب پارامترهای کوآترینون، کدام است؟  
 (۱)  $\delta q = q \otimes q^*$   
 (۲)  $\delta q = q^* - q$   
 (۳)  $\delta q = q^* \otimes q^{-1}$   
 (۴)  $\delta q = q - q^*$
- ۱۷۱- برای ماهواره‌ای در مداری با ارتفاع ۵۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتری، کدام اثر اغتشاشی غالب است؟  
 (۱) اثر گرانش ماه  
 (۲) پسای اتمسفری  
 (۳) فشار تشعشع خورشیدی  
 (۴) اثر پخیدگی زمین یا اثر  $J_2$
- ۱۷۲- کدام گزینه، جهت‌گیری مدار حرکت ماهواره در فضا را به طور کامل توصیف می‌کند؟  
 (۱) آنومالی خروج از مرکز، آنومالی متوسط، آنومالی حقیقی  
 (۲) زاویه گره صعودی، آگومان حضیضی، زاویه شیب مداری  
 (۳) آنومالی خروج از مرکز، زاویه شیب مداری، زاویه گره صعودی  
 (۴) آنومالی خروج از مرکز، آنومالی متوسط، آنومالی حقیقی، آرگومان حضیضی، زاویه گره صعودی
- ۱۷۳- مناسب‌ترین روش سه پارامتری برای توصیف وضعیت ماهواره‌ای که زاویه دوران آن نوسان عمده‌ای ندارد، کدام است؟  
 (۱) زوایای اوپلر  
 (۲) بردار دوران اوپلر  
 (۳) پارامترهای کوآترینون  
 (۴) بردار پارامترهای ردیگز

۱۷۴- درخصوص پاسخ زمانی مدار باز ماهواره ممنوم بایاس، کدام مورد نادرست است؟

- (۱) دامنه پاسخ زمانی، به شرایط مداری وابسته نیست.
  - (۲) ماهواره پایدار BIBO (ورودی محدود - خروجی محدود) است.
  - (۳) ماهواره پاسخ سینوسی با دو فرکانس رقص محوری و فرکانس مداری است.
  - (۴) دامنه مربوط به فرکانس رقص محوری، بسیار بزرگتر از دامنه فرکانس طبیعی است.
- ۱۷۵- معادله سینتیک دورانی یک ماهواره در زیر داده شده است. در صورت وجود تقارن محوری (حول محور  $Z$ )؛ و اینکه ماهواره با سرعت زاویه‌ای ثابت حول محور تقارن  $n = \omega_z$  (spin rate)، در مدار تزریق شود و تحت تأثیر هیچ‌گونه گشتاور اعمال خارجی یا داخلی (Torque Free) نباشد، معادله ساده شده کدام است و چه نتیجه‌ای از آن می‌توان گرفت؟

$$\begin{cases} I_x \dot{\omega}_x + \omega_y \omega_z (I_z - I_y) = M_x \\ I_y \dot{\omega}_y + \omega_x \omega_z (I_x - I_z) = M_y \\ I_z \dot{\omega}_z + \omega_x \omega_y (I_y - I_x) = M_z \end{cases}$$

- (۱) اندازه بردار سرعت زاویه‌ای ماهواره ثابت خواهد ماند. بدین صورت در شرایط عدم وجود اختلال در زمان تزریق، وضعیت ماهواره با چرخش اولیه حول محور دوران پایدار خواهد ماند.

$$\begin{cases} \dot{\omega}_x + \lambda \omega_y = 0 \\ \dot{\omega}_y - \lambda \omega_x = 0 \end{cases}; \text{ where } \lambda = n \frac{I_z - I_x}{I_x}$$

- (۲) ماهواره پس از تزریق دچار تکان خوردن در حین حرکت مداری خواهد بود و نمی‌تواند هیچ‌گونه مأموریت نشانه روی را بدون داشتن یک سیستم کنترل وضعیت پیاده کند.

$$\begin{cases} I_x \dot{\omega}_x + \omega_y n (I_z - I_y) = 0 \\ I_y \dot{\omega}_y + \omega_x n (I_x - I_z) = 0 \\ I_z \dot{\omega}_z + \omega_x \omega_y (I_y - I_x) = 0 \end{cases}$$

- (۳) ماهواره پس از تزریق دچار تکان خوردن زاویه‌ای (Wobbling) در حین حرکت مداری خواهد بود و نمی‌تواند هیچ‌گونه مأموریت نشانه روی را بدون داشتن یک سیستم کنترل وضعیت پیاده کند.

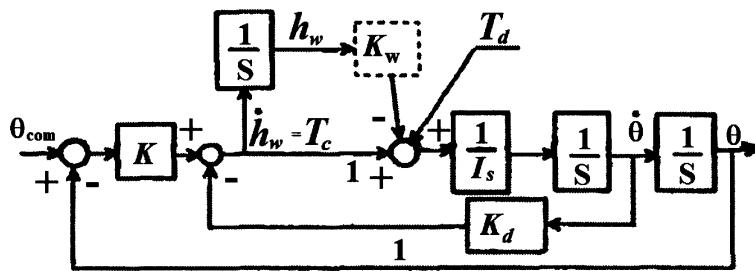
$$\begin{cases} I_x \dot{\omega}_x + \omega_y n (I_z - I_y) = 0 \\ I_y \dot{\omega}_y + \omega_x n (I_x - I_z) = 0 \\ I_z \dot{\omega}_z + \omega_x \omega_y (I_y - I_x) = 0 \end{cases}$$

- (۴) بین معادلات کوپلینگ وجود دارد و با فرض صورت مسئله تناقض دارد.

$$\begin{cases} I_x \dot{\omega}_x + \omega_y n (I_z - I_y) = 0 \\ I_y \dot{\omega}_y + \omega_x n (I_x - I_z) = 0 \\ I_z \dot{\omega}_z = 0 \end{cases}$$

۱۷۶- در یک سامانه کنترل مدار بسته، فضاپیما با سه چرخ عکس العمل کنترل می شود. اگر اغتشاش خارجی با فرکانس بالا، بر فضاپیما اعمال شود، کدام یک از شرایط زیر می تواند سامانه کنترل را ناپایدار کند؟

- (۱) زمان بندی نامناسب در تخلیه تکانه چرخ ها
  - (۲) استفاده از روش خطی سازی برای یک مدل غیر خطی
  - (۳) استفاده از بهره های بیش از حد کوچک در کنترل کننده
  - (۴) زمان پاسخ زیاد کنترل کننده نسبت به فرکانس اغتشاش
- ۱۷۷- در دیاگرام بلوکی شکل زیر، اگر کنترل تخلیه مومنتوم چرخ عکس العملی غیر فعال باشد، چه اتفاقی می افتد؟



- (۱) کنترل پایداری از دست می رود.
  - (۲) سیستم کاملاً پایدار باقی می ماند.
  - (۳) چرخ واکنش نمی تواند گشتاور کنترل تولید کند.
  - (۴) مومنتم ذخیره شده در چرخ به طور نامحدود افزایش می یابد.
- ۱۷۸- فضاپیمایی در حال دوران آزاد است و معادلات دوران آن به صورت زیر داده شده است. اگر  $I_x < I_y < I_z$  باشد، کدام گزینه در مورد پایداری دوران درست است؟

$$\dot{\omega}_x = \frac{I_y - I_z}{I_x} \omega_y \omega_z$$

$$\dot{\omega}_y = \frac{I_z - I_x}{I_y} \omega_x \omega_z$$

$$\dot{\omega}_z = \frac{I_x - I_y}{I_z} \omega_x \omega_y$$

- (۱) دوران حول محور Z پایدار است.
  - (۲) دوران حول محور X پایدار است.
  - (۳) دوران حول محور Y ناپایدار است.
  - (۴) دوران حول محور Y و Z ناپایدار است.
- ۱۷۹- یک فضاپیما در مدار لئو (LEO) تحت اثر اغتشاش  $J_2$  قرار دارد. معادلات تغییرات میانگین برای گره صعودی و زاویه حضیض به صورت زیر داده شده اند. اگر زاویه میل مدار  $i = 63/40^\circ$  باشد، کدام یک از نتایج زیر برای  $\dot{\Omega}$  و  $\dot{\omega}$  درست است؟ (راهنمایی: این زاویه به عنوان زاویه انجماد شناخته می شود.)

$$\dot{\Omega} = -\frac{3}{2} \frac{R_e^2 J_2 \sqrt{\mu}}{a^2 (1-e^2)^2} \cos i$$

$$\dot{\omega} = \frac{3}{4} \frac{R_e^2 J_2 \sqrt{\mu}}{a^2 (1-e^2)^2} (4 - 5 \sin^2 i)$$

$$\dot{\omega} > 0 \text{ و } \dot{\Omega} > 0 \quad (۲)$$

$$\dot{\omega} = 0 \text{ و } \dot{\Omega} = 0 \quad (۴)$$

$$\dot{\omega} = 0 \text{ و } \dot{\Omega} < 0 \quad (۱)$$

$$\dot{\omega} > 0 \text{ و } \dot{\Omega} < 0 \quad (۳)$$

۱۸۰- ماتریس دوران بین قاب بدنی و قاب مرجع مداری ( $C_b^R$ )، براساس زوایای اوایلر ( $\psi, \theta, \phi$ ) در زیر داده شده است.

برای زاویه اوایلر کوچک، ماتریس دوران معکوس ( $C_b^R$ ) کدام خواهد بود؟

$$C_b^R = \begin{bmatrix} C\theta C\psi & -C\phi S\psi + S\phi S\theta C\psi & S\phi S\psi + C\phi S\theta C\psi \\ C\theta S\psi & C\phi C\psi + S\phi S\theta S\psi & -S\phi C\psi + C\phi S\theta S\psi \\ -S\theta & S\phi C\theta & C\phi C\theta \end{bmatrix}$$

C : Cosine; and S : Sine

$$C_b^R = \begin{bmatrix} 1 & \theta & \phi \\ -\theta & 1 & \theta \\ -\phi & -\theta & 1 \end{bmatrix} \quad (۲)$$

$$C_b^R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$C_b^R = \begin{bmatrix} 1 & \psi & -\theta \\ -\psi & 1 & \phi \\ \theta & -\phi & 1 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$C_b^R = \begin{bmatrix} 1 & -\psi & -\theta \\ \psi & 1 & \phi \\ \theta & -\phi & 1 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۱۸۱- چرا استفاده از دستگاه‌های مبادله ممان (Momentum Exchange Devices)، نیاز به مدیریت دقیق ممان

ذخیره شده (Momentum Management) دارد؟

- (۱) برای بهبود دقت در اندازه‌گیری وضعی  
(۲) برای جلوگیری از اشباع سرعت زاویه‌ای چرخ‌ها  
(۳) برای کاهش نویز الکتریکی در مدارهای داخلی  
(۴) به منظور حفظ پایداری مدار در حضور اختلالات خارج

۱۸۲- چرا سخت‌افزارهای کنترلی ماهواره، معمولاً با افزونه (Redundant) طراحی می‌شوند؟

- (۱) برای کاهش هزینه‌های ساخت ماهواره  
(۲) برای بهبود بهره‌وری انرژی ماهواره  
(۳) برای افزایش کارایی سیستم‌های مخابراتی  
(۴) برای مقابله با خرابی‌های احتمالی در طول مأموریت

۱۸۳- ماهواره ممنوم بایاس با دینامیک خطی زیر موجود است. کدام مورد نادرست است؟

$$T_{dz} + T_{cz} = I_z \ddot{\psi} + [-b + h_{wy}] \dot{\phi} + [c - \omega_o h_{wy}] \psi,$$

$$T_{dx} + T_{cx} = I_x \ddot{\phi} + [a - \omega_o h_{wy}] \phi - [-b + h_{wy}] \dot{\psi},$$

$$T_{dy} + T_{cy} = I_y \ddot{\theta} + d\theta + \dot{h}_{wy},$$

$$a = 4\omega_o^2(I_y - I_z), \quad b = -\omega_o(I_x + I_z - I_y), \quad c = \omega_o^2(I_y - I_x), \quad d = 3\omega_o^2(I_x - I_z)$$

$$\phi_{av} = \frac{-T_{dx}}{\omega_o h_{wy}} + 0T_{dz}, \quad \psi_{av} = 0T_{dx} + \frac{-T_{dz}}{\omega_o h_{wy}} \quad (۱)$$

(۲) با دارا بودن یک مومنتم ثابت، دارای پایداری اینرسی محور دیسک عمود بر صفحه مدار هستند و نیازی به اندازه‌گیری زوایای سمت نیست.

(۳) پاسخ مدار باز با حرکت نوسانی با فرکانس مداری است.

(۴) پاسخ مدار باز با حرکت نوسانی با فرکانس رقص محوری  $h_{wy}/I_x I_z$  است.

۱۸۴- پاسخ زمانی ماهواره گرادیان جاذبه با دمپر چرخشی و بدون آن، به ترتیب کدام است؟

$$\ddot{\theta} I_y + 3\omega_o^2 (I_x - I_z) \theta + \dot{\omega}_w I_w = T_{dy},$$

$$I_w \dot{\omega}_w = D(\dot{\theta} - \omega_w) = D\Omega_w,$$

(۱) نوسانی میرا - نوسانی سینوسی

(۲) نمایی پایدار - نوسانی سینوسی

(۳) نوسانی میرا - نوسانی میرا

(۴) نوسانی سینوسی - نامیرا

۱۸۵- معادلات سینتیک دورانی یک ماهواره به صورت زیر است. کدام مورد بهترین کاندید برای تابع لیاپانوف، جهت

ارزیابی پایداری است؟ (  $n, m, \ell$  گشتاوری های خارجی اعمال به ماهواره است.)

$$I_{xx} \dot{p} = (I_{yy} - I_{zz}) qr + \ell$$

$$I_{yy} \dot{q} = (I_{zz} - I_{xx}) pr + m$$

$$I_{zz} \dot{r} = (I_{xx} - I_{yy}) pq + n$$

(۲) مونتموم زاویه ای

(۴) انرژی جنبشی انتقالی

(۱) مونتموم خطی

(۳) انرژی جنبشی دورانی



