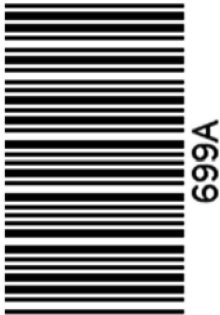


کد کنترل

699A



صبح جمعه  
۱۴۰۴/۱۱/۱۰  
دفترچه شماره ۲ از ۲

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

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

آزمون ورودی دوره‌های دکتری (نیمه‌متمرکز) - سال ۱۴۰۵  
مهندسی مکانیک (۲) (کد ۲۳۲۳)

مدت زمان پاسخ‌گویی: ۱۳۵ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۲۰ سؤال

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	ریاضیات مهندسی	۱۵	۱	۱۵
۲	ترمودینامیک	۱۵	۱۶	۳۰
۳	مکانیک سیالات پیشرفته - ترمودینامیک پیشرفته	۳۰	۳۱	۶۰
۴	دینامیک پیشرفته - ارتعاشات پیشرفته - کنترل پیشرفته	۳۰	۶۱	۹۰
۵	برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته - تکنولوژی پینج و تحلیل آگزوزی - تحلیل سیستم‌های انرژی	۳۰	۹۱	۱۲۰

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 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 کدکنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخنامه ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

ریاضیات مهندسی:

۱- اگر  $\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$  سری فوریه  $f(x)$  در بازه  $(0, 2\pi)$  باشد، آنگاه مقدار

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (\pi - x)f(x) dx \text{ کدام است؟}$$

$$\frac{1}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{n} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{n} \quad (2)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{n} \quad (3)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2b_n}{n} \quad (4)$$

۲- فرض کنید  $-\pi < x < \pi$  سری فوریه تابع  $f(x) = x$  باشد و  $g(x) = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \cos(nx)$

مقدار توان متوسط تابع  $g(x)$  کدام است؟

$$\frac{\pi^2}{12} \quad (1)$$

$$\frac{\pi^2 - 6}{6\pi^2} \quad (2)$$

$$\frac{\pi^2 - 6}{12\pi^2} \quad (3)$$

$$\frac{12 - \pi^2}{12\pi^2} \quad (4)$$

۳- اگر  $u(x,y) = F(x)G(y)$  یک جواب معادله دیفرانسیل با مشتقات جزئی  $\nabla^2 u = 0$  باشد که از منحنی

$C: x = t, y = t, u = t^6$  می‌گذرد، آنگاه  $u(x,y)$  کدام است؟

(۱)  $xy^5$

(۲)  $x^2y^4$

(۳)  $x^2y^3$

(۴)  $x^4y^2$

۴- جواب مسئله زیر کدام است؟

$$\begin{cases} \nabla^2 u = u_{rr} + \frac{1}{r} u_r + \frac{1}{r^2} u_{\theta\theta} = 0, & 1 < r < 2, 0 \leq \theta < 2\pi \\ u_r(1, \theta) = \sin \theta, & 0 \leq \theta \leq 2\pi \\ u_r(2, \theta) = 0. \end{cases}$$

(۱)  $-\frac{1}{30} \left( r^2 + \frac{16}{r^2} \right) \sin \theta + c$

(۲)  $\frac{1}{3} (3r^2 - r^3) \sin \theta + c$

(۳)  $-\frac{1}{7} \left( r + \frac{4}{r^2} \right) \sin \theta + c$

(۴)  $-\frac{1}{3} \left( r + \frac{4}{r} \right) \sin \theta + c$

۵- اگر  $u(x,y)$  جواب معادله لاپلاس در نیم‌صفحه بالای محور  $x$  با شرط مرزی  $u(x,0) = \begin{cases} 0 & |x| > 1 \\ u_0 & |x| < 1 \end{cases}$  باشد،

آنگاه مقدار  $u(0,1)$  کدام است؟ ( $u_0$  مقدار ثابت است).

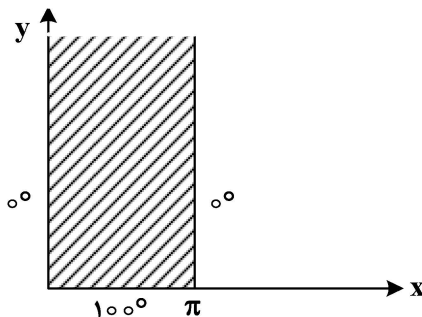
(۱) صفر  $\frac{u_0}{4}$

(۲)  $\frac{3u_0}{4}$

(۳)  $\frac{u_0}{2}$

۶- یک نوار نیمه‌متناهی به عرض  $\pi$  که مرزهای آن کاملاً عایق‌بندی شده‌اند، با شرایط کرانه‌ای مطابق شکل داده

شده است. دمای یک نقطه دلخواه از این نوار، در حالت تعادل، کدام است؟



(۱)  $\frac{200}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 - (-1)^n}{n} \sin(nx) e^{-ny}$

(۲)  $\frac{200}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 - (-1)^n}{n^2} \sin(nx) e^{-ny}$

(۳)  $\frac{200}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 - (-1)^n}{n} \sin(nx) e^{ny}$

(۴)  $\frac{200}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 - (-1)^n}{n^2} \sin(nx) e^{ny}$

۷- فرض کنید  $\lambda^2$  مقدار ویژه مسئله مقدار مرزی

$$\begin{cases} y'' + \lambda^2 y = 0, & 0 < x < L \\ y'(0) - hy(0) = 0 \\ y'(L) + hy(L) = 0 \end{cases}$$

باشد.  $\lambda$  در کدام تساوی صدق می‌کند؟

(۱)  $\tan(\lambda L) = \frac{2h\lambda}{\lambda^2 - h^2}$

(۲)  $\tan(\lambda L) = \frac{h\lambda}{\lambda^2 - h^2}$

(۳)  $\tan(\lambda L) = \frac{h\lambda}{\lambda^2 + h^2}$

(۴)  $\tan(\lambda L) = \frac{2h\lambda}{\lambda^2 + h^2}$

۸- ضریب  $(z-1)$  در بسط لوران تابع  $f(z) = \frac{e^{2z}}{(z-1)^3}$  حول  $z=1$ ، کدام است؟

(۱)  $-\frac{2}{3}e^2$

(۲)  $-\frac{1}{24}e^2$

(۳)  $\frac{1}{24}e^2$

(۴)  $\frac{2}{3}e^2$

۹- اگر  $\text{Ln } z$  شاخه اصلی لگاریتم باشد، آنگاه تابع  $\text{Ln}(1+z^2)$  در کدام ناحیه تحلیلی نیست؟

(۲)  $\{z \mid \text{Re } z = 0, |\text{Im } z| < 1\}$

(۱)  $\{z \mid \text{Re } z = 0, |\text{Im } z| \geq 1\}$

(۴)  $\{z \mid z \in \mathbb{R}, z \leq 0\}$

(۳)  $\{z \mid \text{Re } z = 0, 0 < \text{Im } z < 1\}$

۱۰- مقدار  $\oint_{|z|=2} \text{Im}(z) \cos(\bar{z}) dz$  کدام است؟

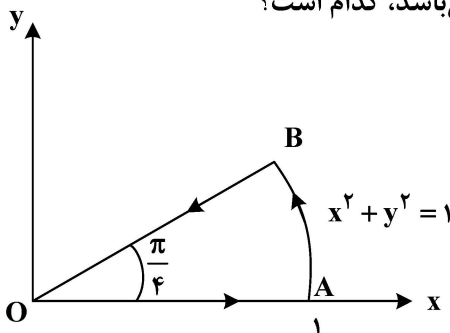
(۲)  $2\pi i$

(۱)  $12\pi i$

(۴)  $-12\pi$

(۳)  $-2\pi$

۱۱- مقدار  $\oint_C \bar{z} dz$  که در آن  $C$  مسیر بسته  $OABO$  (مطابق شکل زیر) می‌باشد، کدام است؟



(۱) صفر

(۲)  $\frac{\pi}{6}$

(۳)  $\frac{\pi}{4}i$

(۴)  $1 + \frac{\pi}{4}i$

۱۲- اگر  $f(z) = \oint_{|\alpha|=3} \frac{3\alpha^2 + 7\alpha + 1}{\alpha - z} d\alpha$ ، آنگاه مقدار  $f'(1+i)$  کدام است؟

(۱)  $12\pi + 26\pi i$

(۲)  $-12\pi + 26\pi i$

(۳)  $12\pi - 26\pi i$

(۴)  $-12\pi - 26\pi i$

۱۳- مقدار  $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(x+1)\sin(2x)}{(x^2+1)(x^2+4)} dx$  کدام است؟

(۱)  $\frac{2\pi \cosh 1}{3e^3}$

(۲)  $\frac{\pi \cosh 1}{3e^3}$

(۳)  $\frac{2\pi \sinh 1}{3e^3}$

(۴)  $\frac{\pi \sinh 1}{3e^3}$

۱۴- مقدار  $\int_0^{2\pi} \cos(\cos \theta + i \sin \theta) d\theta$  کدام است؟

(۱)  $-2\pi i$

(۲)  $2\pi i$

(۳)  $-2\pi$

(۴)  $2\pi$

۱۵- تصویر نیم صفحه راست صفحه مختلط، تحت نگاشت  $w = \frac{z-1}{i(z+1)}$  با فرض  $z = x + iy$ ، کدام است؟

(۱)  $|w| \leq 1$

(۲)  $|w| \geq 1$

(۳)  $|w - 1 - i| \leq 1$

(۴)  $|w + 1 + i| \leq 1$

ترمودینامیک:

۱۶- یک گاز کامل (ایده آل) با گرمای ویژه ثابت  $(\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1.3)$  در دمای  $300 \text{ K}$  وارد یک مخزن خالی صلب عایق

می شود. وقتی جریان ورودی قطع شد، شیر ورودی متصل به مخزن را می بندیم. دمای گاز داخل مخزن چند کلوین خواهد بود؟

(۱)  $300$

(۲)  $330$

(۳)  $360$

(۴)  $390$

۱۷- کدام گزینه درست است؟

(۱) اگر از مجموع گرماهای احتراق عناصر سازنده یک جسم، گرمای احتراق خود آن جسم را کم کنیم، حاصل برابر گرمای تشکیل آن جسم است.

(۲) در تعریف واکنش استاندارد، فشار برابر یک اتمسفر یا یک بار و همچنین دما برابر  $25^{\circ}\text{C}$  فرض می‌شود.

(۳) در تعریف واکنش استاندارد، فشار برابر یک اتمسفر یا یک بار و همچنین دما برابر  $0^{\circ}\text{C}$  فرض می‌شود.

(۴) در واکنش گرمازا، گرمای واکنش مثبت است.

۱۸- آب از ارتفاع ۹۰ متری وارد یک توربین آبی می‌شود. اگر راندمان تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی الکتریکی ۹۰ درصد و برای انتقال جریان الکتریکی به محل مصرف ۲۰ درصد افت داشته باشیم، برای روشن نگه داشتن ۹ عدد لامپ ۱۰۰

واتی، چند کیلوگرم بر ساعت آب باید وارد توربین شود؟  $(g = 10 \frac{m}{sec^2})$

(۱) ۲,۵۰۰

(۲) ۴,۰۰۰

(۳) ۵,۰۰۰

(۴) ۸,۰۰۰

۱۹- یک ماده خالص با شدت جریان ۵ و آنتروپی ۲ به طور کاملاً یکنواخت (پایدار یا SSSF) وارد یک مخزن عایق شده و با جریان دیگری از آن ماده با شدت جریان ۳ و آنتروپی ۴ مخلوط می‌شود. اگر آنتروپی ماده خروجی برابر ۶ باشد، شدت تغییر خالص آنتروپی چقدر است؟ (واحد‌ها همه هماهنگ و اختیاری است.)

(۱) ۲۸

(۲) ۲۶

(۳) ۲۲

(۴) ۱۸

۲۰- کدام رابطه، طبق معادلات ماکسول درست است؟

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = -\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_p \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)_v = -\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s \quad (3)$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p \quad (4)$$

۲۱- دو جسم جامد A به جرم ۳ و گرمای ویژه ۵ و دمای اولیه  $600\text{ K}$  با جسم جامد B به جرم ۵ و گرمای ویژه ۳ و دمای اولیه  $300\text{ K}$  منحصرأ با یکدیگر تبادل حرارت می‌کنند تا به تعادل برسند. تغییر خالص آنتروپی این تحول چقدر است؟ (واحد‌ها همه هماهنگ و اختیاری است.)

$$\ln 2 = 0.7, \ln 3 = 1.1, \ln 5 = 1.6, \ln 7 = 1.9$$

(۱) ۰/۵

(۲) ۱/۵

(۳) ۲/۵

(۴) ۳/۵

۲۲- فشارسنج مخزن هوای یک غواص بر روی سطح آب یک دریاچه بزرگ عمیق، فشار ۴۸ psig را نشان می‌دهد. بارومتر در این نقطه، فشار ۱۴ psi را نشان می‌دهد. اگر غواص با سرعت به درون آب فرو رود، در چه عمقی از آب

بر حسب فوت، فشارسنج مخزن هوا عدد صفر را نشان می‌دهد؟  $(g = 32.174 \frac{ft}{sec^2}, \rho = 62 \frac{lbm}{ft^3})$

(۱) ۱۴۴

(۲) ۴/۸

(۳) ۱۲

(۴) هیچ‌گاه عدد صفر را نشان نمی‌دهد.

۲۳- یک گاز کامل (ایدئال) با گرمای ویژه ثابت  $(\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.5)$  وارد یک لوله افقی کاملاً عایق می‌شود که سطح مقطع آن

به تدریج کاهش می‌یابد. سطح مقطع ورودی لوله بسیار بسیار بزرگ‌تر از سطح مقطع خروجی است. اگر دمای ورودی برابر

$$400 \text{ K} \text{ و دمای خروجی برابر } 280 \text{ K} \text{ باشد، سرعت در مقطع خروجی چند متر بر ثانیه است؟ } (R = 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{kgK}})$$

(۱) تقریباً ۱۹ (۲) تقریباً ۲۰۰

(۳) ۴۰ (۴) ۶۰۰

۲۴- بر روی سطح بسیار وسیعی از آب ساکن و آرام، یک جعبه مکعب مستطیل شکل بی‌وزن از طرف قاعده‌اش (A) به

مساحت دو مترمربع) نشسته است. عمق آب ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع جسم (جعبه) برابر یک متر است. حداقل مقدار

کار قابل تصور لازم برای رساندن جسم به کف آب چند کیلوژول است؟ (دانشیته آب را یک گرم بر سانتی‌متر مکعب

فرض کنید.)  $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \text{ شتاب ثقل})$

(۱) ۰/۱۶

(۲) ۱/۶

(۳) ۱۶

(۴) ۱۶۰۰

۲۵- اگر معادله معمولی وان دروالس  $(P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2})$  را به شکل معادله ویرال به صورت  $z = 1 + \frac{B}{v} + \frac{c}{v^2} + \dots$

مرتب کنیم، آنگاه B کدام است؟

(۱)  $b + \frac{a}{RT}$  (۲)  $b - \frac{a}{2RT}$

(۳)  $b + \frac{a}{2RT}$  (۴)  $b - \frac{a}{RT}$

۲۶- معادله حالت گازی از رابطه  $Pv = RT + (b - \frac{a}{RT})P$  که در آن a و b هر دو ثابت هستند، پیروی می‌کند.

فوکاسیته آن گاز از کدام رابطه بدست می‌آید؟

(۱)  $P \text{Exp} \left[ \frac{bP}{RT} \right]$  (۲)  $P \text{Exp} \left\{ \left[ b - \frac{2a}{RT} \right] \frac{P}{RT} \right\}$

(۳)  $P \text{Exp} \left\{ \left[ b - \frac{a}{RT} \right] \frac{P}{RT} \right\}$  (۴)  $P \text{Exp} \left\{ \left[ \frac{a}{RT} - b \right] \frac{P}{RT} \right\}$

۲۷- کدام رابطه، تعریف دقیقی برای دمای بویل است؟

(۱)  $\lim_{P \rightarrow 0} \left( \frac{\partial Z}{\partial P} \right)_T = 0$  (۲)  $\lim_{P \rightarrow 0} \left( \frac{\partial Z}{\partial T} \right)_P = 0$

(۳)  $\lim_{P \rightarrow 0} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T = 0$  (۴)  $\lim_{P \rightarrow 0} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = 0$

۲۸- عبارت  $(\frac{\partial C_p}{\partial P})_T$  برای یک گاز کدام است؟

$$(1) T \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$$

$$(2) -T \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$$

(۴) صفر

$$(3) z \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

۲۹- یک مخزن صلب غیرعایق از دو قسمت مجزا از هم (توسط یک غشاء) تشکیل شده است. در یک قسمت به حجم  $V_1$  یک کیلوگرم گاز کامل در دمای  $400\text{ K}$  قرار دارد و قسمت دیگر به حجم  $3V_1$  کاملاً خالی است. حال غشاء بین این دو قسمت گسیخته می شود و به طور همزمان از مخزن گرما می گیریم به نحوی که تحول آنتروپی ثابت

باشد، مقدار گرمای گرفته شده از مخزن برحسب کیلوژول چقدر است؟  $(\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.5, R = 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{kgK}})$

(۱) ۱۰

(۲) ۱۰۰

(۳) ۲۰۰

(۴) ۲۰۰۰

۳۰- می خواهیم ۵ کیلوگرم بر ثانیه آب در دمای محیط ( $300\text{ K}$ ) را به طور کاملاً یکنواخت (پایدار یا SSSF) تا دمای  $282\text{ K}$  در یک یخچال فرضی سرد کنیم. حداقل مقدار کار لازم قابل تصور برای این یخچال، به طور تقریبی چند

کیلووات است؟  $(\ln 2 = 0.7, \ln 3 = 1.1, \ln 5 = 1.6)$

(۱) ۲۴۰

(۲) ۳۶۰

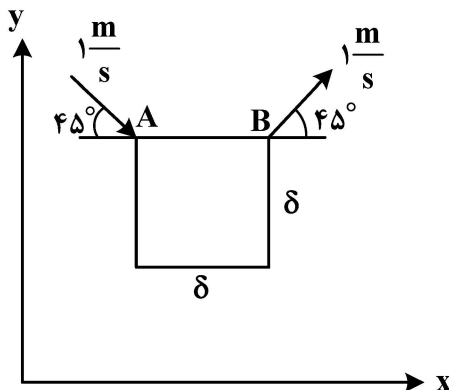
(۳) ۱۲۰

(۴) ۴۸

مکانیک سیالات پیشرفته - ترمودینامیک پیشرفته:

۳۱- در المان مربعی سیال، سرعتها در رأسهای A و B نشان داده شده اند. تنش برشی روی ضلع AB چقدر است؟

( $\mu$  لزجت سیال می باشد.)



$$(1) -\sqrt{2} \frac{\mu}{\delta}$$

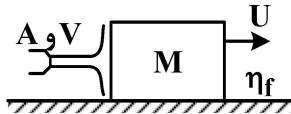
$$(2) \frac{\sqrt{2} \mu}{\delta}$$

$$(3) -2\sqrt{2} \frac{\mu}{\delta}$$

$$(4) 2\sqrt{2} \frac{\mu}{\delta}$$

۳۲- در شکل زیر، افشانه سیال به بلوک برخورد کرده و بلوک حرکت می‌کند. اگر سرعت‌های افشانه و بلوک ثابت باشند و اطلاعات زیر را داشته باشیم، سرعت نهایی بلوک چقدر است؟

(سطح مقطع افشانه  $A$ ، چگالی سیال  $\rho$ ، ضریب اصطکاک میان بلوک و سطح  $\eta_f$ ، سرعت سیال افشانه  $V$ ، سرعت بلوک  $U$ )



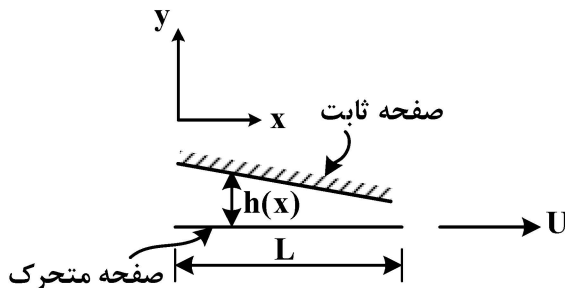
$$U = V - \frac{\eta_f Mg}{\rho A} \quad (1)$$

$$U = V + \sqrt{\frac{\eta_f Mg}{\rho A}} \quad (2)$$

$$U = V + \frac{\eta_f Mg}{\rho A} \quad (3)$$

$$U = V - \sqrt{\frac{\eta_f Mg}{\rho A}} \quad (4)$$

۳۳- در روغن کاری سطح تخت، در خصوص نسبت نیروی لختی (اینرسی) به نیروی لزجی، کدام گزینه درست است؟



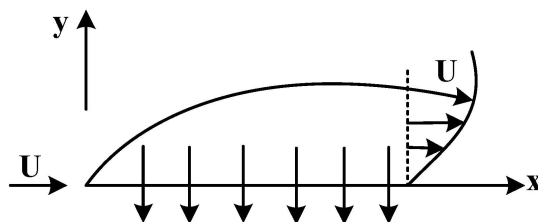
(۱) خیلی کوچک‌تر از یک است.

(۲) خیلی بزرگ‌تر از یک است.

(۳) برابر صفر است.

(۴) برابر یک است.

۳۴- در جریان سیال از روی صفحه تخت سوراخ‌دار، مکش جریان باعث می‌شود به ترتیب، «ضریب اصطکاک» و «فشار روی صفحه» چه تغییری کنند؟



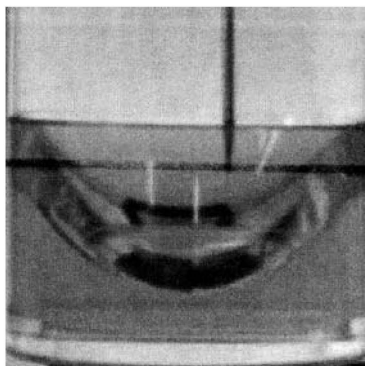
(۱) کاهش و افزایش

(۲) کاهش و کاهش

(۳) افزایش و کاهش

(۴) افزایش و افزایش

۳۵- یک گرداب اجباری (forced vortex) را مانند شکل زیر در نظر بگیرید که با سرعت زاویه‌ای  $\omega_0$  می‌چرخد. کدام



گزینه در خصوص چرخش صلب گونه سیال درست است؟

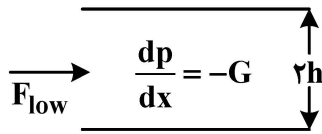
(۱) چرخش باعث ایجاد تنش برشی می‌شود.

(۲) المان‌های سیال چرخشی ندارند.

(۳) ورتیسیته آن  $2\omega_0$  است.

(۴) ورتیسیته آن صفر است.

۳۶- یک سیال لزج (چگالی  $\rho$ ، گرانروی  $\mu$ ) بین دو صفحه موازی به فاصله  $2h$  به صورت دائمی در جریان است. گرادیان فشار ثابت  $\frac{dp}{dx} = -G$  در مجرا برقرار است. بیشینه سرعت سیال در مجرا چقدر است؟



(۱)  $\frac{Gh^2}{\mu}$

(۲)  $\frac{Gh^2}{8\mu}$

(۳)  $\frac{Gh^2}{4\mu}$

(۴)  $\frac{Gh^2}{2\mu}$

۳۷- اگر برای مطالعه لایه مرزی توربولانس در غیاب گرادیان فشار از پروفیل  $\frac{u}{u_\infty} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7}$  استفاده شود، ضریب

شکل  $H = \frac{\delta^*}{\theta}$  به کدام گزینه نزدیک تر است؟ ( $\delta^*$  ضخامت جابجایی و  $\theta$  ضخامت تکانه می باشد.)

(۱) ۱٫۲۸۶

(۲) ۱٫۴

(۳) ۲

(۴) ۲٫۵۹۰

۳۸- در جریان عرضی و دائمی سیال تراکم ناپذیر بر روی یک استوانه، مقدار ضریب فشار  $C_p = \frac{P - P_\infty}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2}$  در نقاط

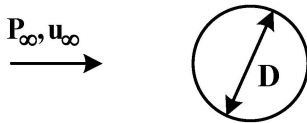
سکون جلویی و عقبی به ترتیب کدام مورد می باشد؟ (عدد رینولدز به اندازه کافی بزرگ است.)

(۱)  $C_p = -1$  و  $C_p = +1$

(۲)  $C_p < -1$  و  $C_p = +1$

(۳)  $C_p > -1$  و  $C_p = +1$

(۴)  $C_p = +1$  و  $C_p < -1$



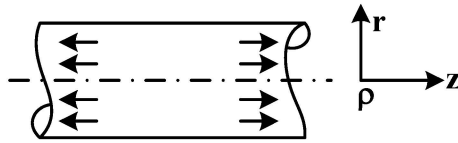
۳۹- عدد فرود به صورت کدام نسبت قابل تفسیر است؟

- (۱) نیروی اینرسی به لزجی
- (۲) نیروی اینرسی به گرانش
- (۳) نیروی اینرسی به نیروی فشاری
- (۴) نیروی لزج به کشش سطحی

۴۰- کدام مورد در خصوص رابطه فشار مکانیکی و ترمودینامیکی درست است؟

- (۱) فشار مکانیکی و ترمودینامیکی همواره با هم برابر هستند.
- (۲) برای یک سیال نیوتنی عمومی، فشار مکانیکی یک سوم فشار ترمودینامیکی است.
- (۳) برای یک سیال نیوتنی تراکم ناپذیر، فشار مکانیکی همواره بزرگتر از فشار ترمودینامیکی است.
- (۴) برای یک سیال نیوتنی تراکم پذیر، اختلاف فشار مکانیکی و ترمودینامیکی متناسب با دیورژانس بردار سرعت است.

۴۱- یک المان استوانه‌ای از یک سیال با چگالی ثابت در جهت محوری دچار کشش با نرخ ثابت  $(\dot{\epsilon}_z = \frac{\partial u_z}{\partial z} = \text{constant})$  می‌شود. با فرض تقارن محوری، کدام رابطه برای مؤلفه شعاعی سرعت  $u_r(r)$  درست است؟



$$\frac{\partial u_z}{\partial z} = \dot{\epsilon}$$

$$u_r = \frac{-\dot{\epsilon}_z r^2}{2} \quad (1)$$

$$u_r = -\dot{\epsilon}_z r \quad (2)$$

$$u_r = \frac{-\dot{\epsilon}_z r}{2} \quad (3)$$

$$u_r = \frac{-\dot{\epsilon}_z r^2}{4} \quad (4)$$

۴۲- در جریان خزشی (creeping flow) اطراف کره، خطوط جریان در دو طرف کره (پشت و جلو) متقارن است. کدام گزینه درخصوص آن درست است؟

(۱) توزیع سرعت دو طرف کره متقارن است.

(۲) اصطکاک پوسته‌ای (Skin drag) صفر است.

(۳) جدایش جریان به شدت رخ می‌دهد.

(۴) نیروی پسای (drag force) جریان روی کره صفر است.

۴۳- جریان روی یک استوانه با عدد رینولدز  $Re_p = 10^5$  برقرار است. با افزایش زبری سطح استوانه، ضریب نیروی

پسا  $C_p = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$  در صورت وجود چه تغییری می‌کند؟

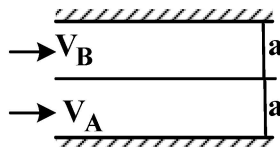
(۱) تغییر چندانی نمی‌کند.

(۲) همواره افزایش می‌یابد.

(۳) بسته به مقدار عدد  $Re_p$  بحرانی، می‌تواند افزایش یابد یا تغییر چندانی نکند.

(۴) بسته به مقدار عدد  $Re_p$  بحرانی، می‌تواند کاهش یابد یا تغییر چندانی نکند.

۴۴- در کانال شکل زیر، دو سیال تراکم‌ناپذیر A و B (مخلوط‌نشونده با  $\rho_A > \rho_B$  و  $V_A \neq V_B$ ) جریان دارند. در مرز مشترک، برای تنش‌های برشی کدام گزینه درست است؟



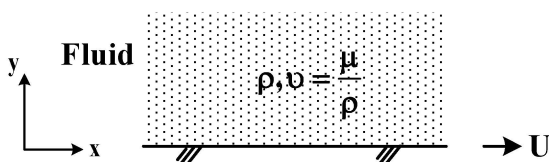
$$\tau_A = \frac{\tau_B}{2} \quad (1)$$

$$\tau_A = \tau_B \quad (2)$$

$$\tau_A > \tau_B \quad (3)$$

$$\tau_A < \tau_B \quad (4)$$

۴۵- یک صفحه بسیار بزرگ به صورت ناگهانی با سرعت U در لحظه  $t = 0$  به حرکت درآورده می‌شود. بر بالای صفحه، سیال تراکم‌ناپذیر نیوتنی قرار دارد. معادله حاکم بر جریان ایجاد شده بر بالای صفحه کدام است؟



$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (1)$$

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = U \delta(t) + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (4)$$

۴۶- یک سیکل تبرید تراکمی دارای کار ۳۰ کیلووات، دما و توان منبع سرد ۴۰۰ کلوین و ۴۵ کیلووات و دمای منبع گرم ۶۰۰ کلوین می باشد. میزان برگشت‌ناپذیری سیکل چند kW است؟

(۱) ۵/۵

(۲) ۶/۵

(۳) ۷/۵

(۴) ۸/۵

۴۷- یک سیستم ترمودینامیکی دارای انترپپی S، تعداد مول N، انرژی U و حجم V می باشد. معادله اساسی این سیستم به صورت زیر است که A یکسان ثابت و R ثابت گاز می باشد. عبارت دما برای این سیستم کدام است؟

$$S = NA + NR \ln \frac{U^{3/2} V}{N^{5/2}}$$

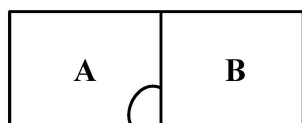
(۲)  $T = 2UNR$

(۱)  $T = \frac{3NR}{2U}$

(۴)  $T = \frac{2U}{3NR}$

(۳)  $T = \frac{2U}{NR}$

۴۸- دو مخزن با حجم‌های یکسان هر دو دارای یک مقدار از یک نوع گاز ایده آل هستند. در ابتدا مخزن A، دارای گاز با دمای  $T_A$  و مخزن B دارای همان گاز با دمای  $T_B$  است. یک دیواره هادی گرما بین دو مخزن است (مطابق شکل)، مقدار برگشت‌ناپذیری فرایند تبادل گرمایی دو مخزن A و B تا دمای نهایی  $T_F$  چقدر است؟ (T: دمای محیط)



دیواره هادی گرما

(۱)  $I = T_0 m c_{v_0} \ln \left( \frac{T_F^2}{T_A T_B} \right)$

(۲)  $I = T_0 m c_{v_0} \ln \left( \frac{2T_F}{T_A + T_B} \right)$

(۳)  $I = T_0 m c_{v_0} \ln \left( \frac{T_A T_B}{T_F^2} \right)$

(۴)  $I = T_0 m c_{v_0} \ln \left( \frac{T_A + T_B}{2T_F} \right)$

۴۹- معادله حالت یک گاز به صورت زیر است. در این صورت رابطه بین اختلاف  $C_p$  و  $C_v$  کدام است؟

(ثابت: b)  $V = \frac{RT}{P} - \frac{b}{T^3}$

(۱)  $\frac{1}{T} - \frac{3bP}{RT^5}$

(۲)  $\frac{1}{T} + \frac{3bP}{RT^5}$

(۳)  $\frac{1}{T} - \frac{5bP}{RT^3}$

(۴)  $\frac{1}{T} + \frac{5bP}{RT^3}$

۵۰- در یک محفظه بسته، مقداری گاز  $CO_2$  در دمای  $T$  و فشار  $P$  وجود دارد. در ابتدا مقداری حرارت به گاز داده می‌شود تا به  $CO$  و  $O_2$  تبدیل شود، سپس مقداری حرارت از محصولات گرفته می‌شود تا دما و فشار آنها مجدداً به  $T$  و  $P$  برسد. اتلاف حرارت موجود، صرف چه امری در محصولات شده است؟

- (۱) بازگشت‌ناپذیری و انحراف شیمیایی  
 (۲) افزایش انحراف شیمیایی  
 (۳) افزایش ترمودینامیکی  
 (۴) بازگشت‌ناپذیری

۵۱- اگر گرمای ویژه در فشار ثابت  $C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P$  و ضریب انبساط حجمی  $\alpha_p = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$  و ضریب دما ثابت

$K_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$  باشد و نیز  $P$  فشار و  $T$  دما باشد، در این صورت  $\left(\frac{\partial h}{\partial V}\right)_T$  کدام است؟

- (۱)  $\frac{T\alpha_p}{k_T}$   
 (۲)  $\frac{T\alpha_p + 1}{k_T}$   
 (۳)  $\frac{T\alpha_p - 1}{k_T}$   
 (۴)  $\frac{k_T}{T\alpha_p - 1}$

۵۲- در یک مخزن صلب (حجم ثابت) که در ابتدا مقداری هوا در شرایط ترمودینامیکی معین در آن وجود دارد، هوا در فشار و دمای بالاتر وارد مخزن می‌شود. کدام گزینه در خصوص مفهوم برگشت‌ناپذیری درست است؟

- (۱) به علت مخلوط شدن جریان ورودی با هوای داخل مخزن در دما و فشار متفاوت پدید می‌آید.  
 (۲) تنها به دلیل انتقال حرارت از مخزن صلب رخ می‌دهد.  
 (۳) به دلیل اختلاط دو گاز هم جنس پدید می‌آید.  
 (۴) صفر است، چون مخزن صلب است.

۵۳- در فرایندی شبه تعادلی که یک سیستم تحت تأثیر یک پارامتر خارجی تغییر حجم قرار می‌گیرد، ولی توزیع احتمال حالت‌های ذرات ثابت می‌ماند، کدام گزینه درست است؟

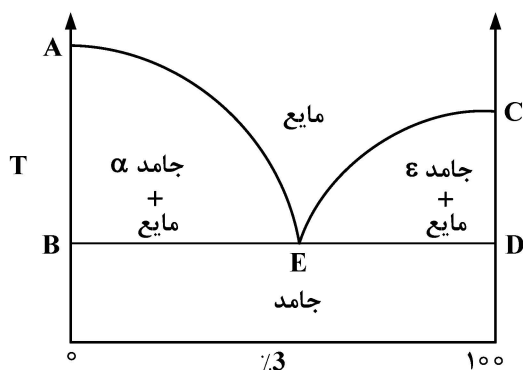
- (۱) آنتروپی سیستم افزایش می‌یابد.  
 (۲) انرژی داخلی سیستم ثابت می‌ماند.  
 (۳) سیستم با محیط تبادل حرارت دارد.  
 (۴) سیستم با محیط تبادل کار دارد.

۵۴- اگر تابع تقسیم به صورت  $Z = \sum g_i e^{-\beta \epsilon_i}$  و تعداد ذرات در هر سطح انرژی به صورت  $N_i = \frac{N g_i e^{-\beta \epsilon_i}}{Z}$  باشد،

فشار به کدام صورت می‌باشد؟

- (۱)  $N \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{\partial \ln Z}{k \partial T}\right)_s$   
 (۲)  $N \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial \beta}\right)_s$   
 (۳)  $N \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial \beta}\right)_s$   
 (۴)  $N \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\partial \ln Z}{k \partial V}\right)_s$

۵۵- دیاگرام فاز یک آلیاژ در شکل نشان داده شده است. تعداد فازها در نقطه E چند تا است؟



- (۱) ۱  
 (۲) ۲  
 (۳) ۳  
 (۴) ۴

۵۶- معادله حالت گاز واندروالز  $P = \frac{RT}{v-a} - \frac{b}{v^2}$  می باشد. ضریب انبساط حجمی گاز  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$  و ضریب ژول

تامسون  $\mu_j = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_\alpha$  است. درجه حرارت در نقطه وارونگی گاز (Inversion Point) بر حسب  $\alpha$  کدام است؟

$$T = \frac{1}{\alpha} \quad (۲) \qquad T = \frac{1}{\alpha^2} \quad (۱)$$

$$T = \alpha \quad (۴) \qquad T = \alpha^2 \quad (۳)$$

۵۷- معادله انرژی یک مول از ماده‌ای خالص به صورت  $U = AP^2V$  داده شده است که A یک ضریب مثبت با

دیمانسیون  $[P]^{-1}$  می باشد. معادله خطوط آدیاباتیک در صفحه P-V کدام است؟

$$(1 + AP)^2 V = \text{Const} \quad (۱)$$

$$\frac{(1 + AP)}{V} = \text{Const} \quad (۲)$$

$$(1 + AP)V = \text{Const} \quad (۳)$$

$$\left( \frac{1 + AP}{V} \right)^2 = \text{Const} \quad (۴)$$

۵۸- یک مخزن صلب با حجم V را در نظر بگیرید که در محیطی با دمای  $P_0$  و فشار  $T_0$  قرار دارد. مخزن در ابتدا خلاء

است و با یک شیر با محیط در ارتباط است. شیر باز می شود تا هوا به آرامی وارد مخزن شود تا این که دما و فشار

هوای داخل مخزن با دما و فشار هوای محیط برابر می شود. اگر هوا گاز ایده آل باشد، آنتروپی تولید شده طی این

فرایند کدام است؟

$$\frac{P_0 V}{T_0} \quad (۲) \qquad \frac{P_0 V}{T_0} \left( 1 + \frac{S_0}{R} \right) \quad (۱)$$

$$\text{صفر} \quad (۴) \qquad \frac{P_0 V}{T_0} \left( 1 - \frac{S_0}{R} \right) \quad (۳)$$

۵۹- احتمال وجود ذرات، با مقدار انرژی  $\epsilon_j$  با کدام جواب متناسب است؟ (k ثابت بولتزمن، T دما)

$$\frac{\epsilon_j}{k_T} \quad (۲) \qquad \frac{1}{\epsilon_j} \quad (۱)$$

$$\frac{\epsilon_j}{e^{k_T}} \quad (۴) \qquad \frac{\epsilon_j}{e^{k_T}} \quad (۳)$$

۶۰- اگر  $T \rightarrow \infty$  میل کند، تابع تقسیم ارتعاش به طور تقریبی به کدام مقدار میل می کند؟ ( $\theta_v$  دمای ارتعاشی)

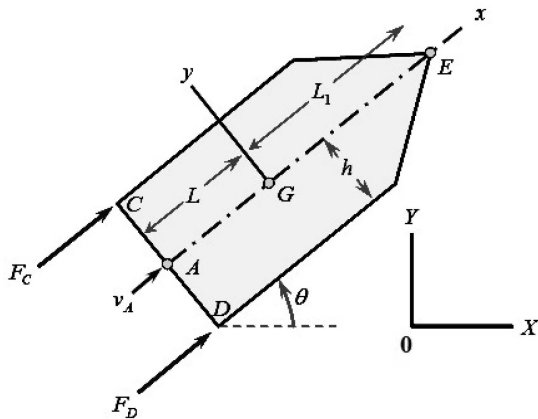
$$1 \quad (۱)$$

$$\frac{\theta_v}{T} \quad (۲)$$

$$\frac{T}{\theta_v} \quad (۳)$$

$$1 - \frac{\theta_v}{T} \quad (۴)$$

۶۱- در وسیله نقلیه زیر، سرعت مطلق مرکز جرم  $G$  در مختصات  $OXY$  به صورت  $\vec{v}_G = \dot{X}\vec{I} + \dot{Y}\vec{J}$  و سرعت نقطه  $A$  در امتداد خط تقارن وسیله نقلیه است. کدام گزینه قید حاکم بر سیستم و تغییرات آن را نشان می‌دهد؟



$$\begin{cases} f = \dot{X} \sin \theta - \dot{Y} \cos \theta - L \dot{\theta} = 0 \\ \delta f = \sin \theta \delta X + \cos \theta \delta Y + L \delta \theta = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} f = \dot{X} \cos \theta - \dot{Y} \sin \theta = 0 \\ \delta f = \cos \theta \delta X - \sin \theta \delta Y = 0 \end{cases} \quad (2)$$

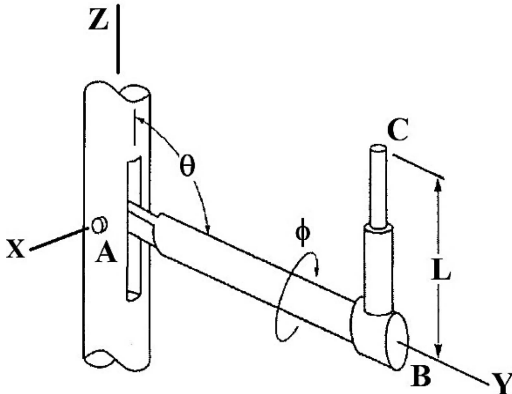
$$\begin{cases} f = \dot{X} \cos \theta + \dot{Y} \sin \theta = 0 \\ \delta f = \cos \theta \delta X + \sin \theta \delta Y = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} f = -\dot{X} \sin \theta + \dot{Y} \cos \theta - L \dot{\theta} = 0 \\ \delta f = \sin \theta \delta X - \cos \theta \delta Y + L \delta \theta = 0 \end{cases} \quad (4)$$

۶۲- سیستم زیر به صورت جبری طوری مقید شده است که طول جک هیدرولیکی با نرخ ثابت  $\dot{L} = 0.1 \frac{m}{s}$  بر حسب

افزایش می‌یابد و زوایای  $\phi$  و  $\theta$  به ترتیب با نرخ  $\dot{\phi} = 0.2 \sin t$  و  $\dot{\theta} = 2t$  بر حسب  $\frac{rad}{s}$  تغییر می‌کنند. درجه

آزادی سیستم چند است؟



- (۱) صفر
- (۲) یک
- (۳) دو
- (۴) سه

۶۳- در حرکت دورانی دیفرانسیلی کدام مورد درست است؟

$R(d\phi_x)$  و  $R(d\phi_y)$  ماتریس‌های تبدیل دورانی مربوط به دوران‌های کوچک حول محورهای  $x$  و  $y$  هستند.

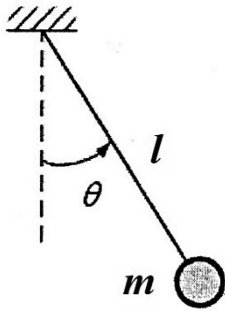
$$R(d\phi_x) + R(d\phi_y) \neq R(d\phi_x) + R(d\phi_y) \quad (1)$$

$$R(d\phi_x) R(d\phi_y) = R(d\phi_y) R(d\phi_x) \quad (2)$$

$$R(d\phi_x) R(d\phi_y) \neq R(d\phi_y) R(d\phi_x) \quad (3)$$

(۴) هیچ‌کدام

۶۴- در پاندول ساده نشان داده شده در شکل زیر، تابع لاگرانژین کدام است؟



$$L = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 + mgl(1 - \cos\theta) \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 - \frac{1}{2}mgl(1 - \cos\theta) \quad (2)$$

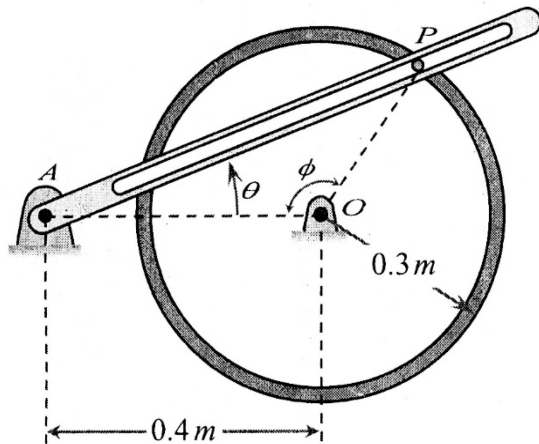
$$L = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 - mgl(1 - \cos\theta) \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mgl(1 - \cos\theta) \quad (4)$$

۶۵- یک پین به قطر ناچیز به رینگی با شعاع  $0.3m$  متصل است و درون شیار میله‌ای که در A لولا شده حرکت

می‌کند. اندازه سرعت مطلق پین  $3 \frac{m}{s}$  و سرعت زاویه‌ای رینگ ثابت و در جهت مثلثاتی (+) است. سرعت و

شتاب زاویه‌ای میله شیاردار  $\dot{\theta}$  و  $\ddot{\theta}$  زمانی که  $\phi = 90^\circ$  است، به ترتیب کدام است؟



$$\dot{\theta} = -3/6 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{و} \quad \ddot{\theta} = 13/44 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad (1)$$

$$\dot{\theta} = 3/6 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{و} \quad \ddot{\theta} = -13/44 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad (2)$$

$$\dot{\theta} = 3/6 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{و} \quad \ddot{\theta} = 13/44 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad (3)$$

$$\dot{\theta} = -3/6 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{و} \quad \ddot{\theta} = -13/44 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad (4)$$

۶۶- نیروهای تعمیم یافته در مختصات کروی کدامند؟

$$Q_\theta = R \cos\theta F_\theta \quad ; \quad Q_\phi = R F_\phi \quad (1)$$

$$Q_\theta = F_\theta \quad ; \quad Q_\phi = R \sin\theta F_\phi \quad (2)$$

$$Q_\theta = R F_\theta \quad ; \quad Q_\phi = R \sin\theta F_\phi \quad (3)$$

$$Q_\theta = R \sin\theta F_\theta \quad ; \quad Q_\phi = R \sin\phi F_\phi \quad (4)$$

۶۷- سیستمی با مختصات تعمیم یافته  $q_1$  و  $q_2$  و معادله قیدی به صورت دیفرانسیلی (یفاغین) زیر داده شده است.

کدام فاکتور انتگرال معادله فوق را به یک معادله هولونومیک بر حسب مختصات‌های تعمیم یافته تبدیل می‌کند؟

$$q_2 dq_1 + (q_1^2 q_2 - q_1) dq_2 = 0$$

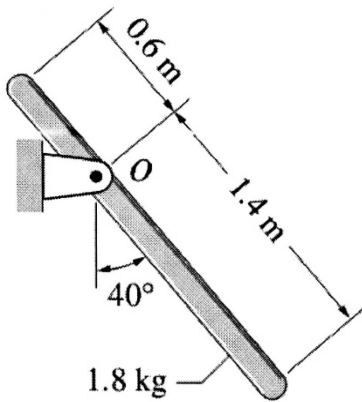
$$g(q_1, q_2) = q_1^2 \quad (1)$$

$$g(q_1, q_2) = q_2^2 \quad (2)$$

$$g(q_1, q_2) = q_1^{-2} \quad (3)$$

$$g(q_1, q_2) = q_1 q_2 \quad (4)$$

۶۸- یک میله باریک و یکنواخت در صفحه قائم حول نقطه O دوران می‌کند. وقتی در موقعیت نشان داده شده قرار می‌گیرد، شتاب زاویه‌ای میله کدام است؟



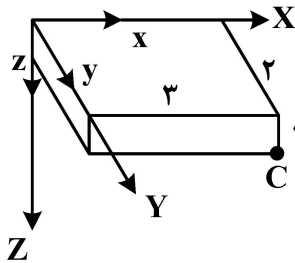
(۱)  $\frac{300}{37} \sin 40^\circ$

(۲)  $\frac{750}{37} \sin 40^\circ$

(۳)  $\frac{300}{37} \cos 40^\circ$

(۴)  $\frac{750}{37} \cos 40^\circ$

۶۹- مختصات XYZ به زمین و مختصات xyz به مکعب مستطیل متصل است. هر دو دستگاه در حالت اولیه بر یکدیگر منطبق هستند. مکعب مستطیل به اندازه  $90^\circ$  درجه حول محور X دوران می‌کند. در حالت ثانویه، مختصات نقطه C در دستگاه مختصات xyz کدام است؟



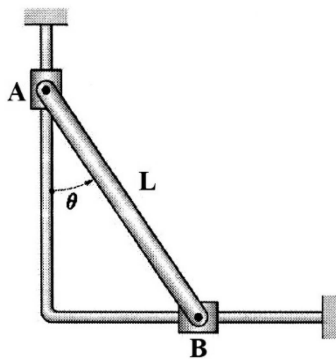
(۲)  $\begin{bmatrix} 3 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$

(۴)  $\begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$

(۱)  $\begin{bmatrix} 3 \\ 1 \\ -2 \end{bmatrix}$

(۳)  $\begin{bmatrix} 3 \\ -1 \\ 2 \end{bmatrix}$

۷۰- لغزنده B با سرعت ثابت  $\frac{1}{4} \frac{m}{s}$  به سمت راست حرکت می‌کند. زمانی که  $\theta = 20^\circ$  است، سرعت لغزنده A چند  $\frac{m}{s}$  است؟



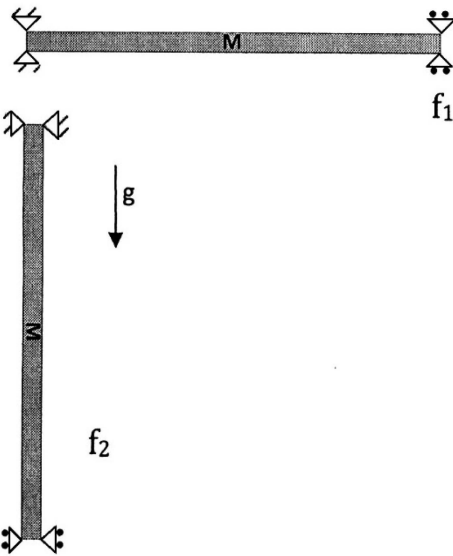
(۱)  $\frac{1}{4} \cot 20^\circ$

(۲)  $\frac{1}{4} \tan 20^\circ$

(۳)  $\frac{1}{8} \cot 20^\circ$

(۴)  $\frac{1}{8} \tan 20^\circ$

۷۱- یک میله بلند افقی با تکیه‌گاه‌های مفصلی در دو انتها دارای فرکانس طبیعی اول  $f_1$  است. اگر این مجموعه در وضعیت قائم قرار بگیرد، فرکانس طبیعی اول آن  $f_2$  خواهد شد. در این صورت کدام رابطه درست است؟



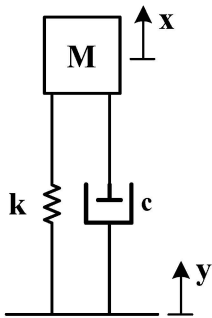
(۱)  $f_1 = f_2$

(۲)  $f_1 < f_2$

(۳)  $f_1 > f_2$

(۴) بستگی به مشخصات دیگر سیستم دارد.

۷۲- سیستم یک درجه آزادی زیر با تحریک پایه در فرکانسی دو برابر فرکانس طبیعی تحریک می‌شود. اگر سختی  $k$  و جرم  $M$  هم‌زمان به دو برابر افزایش و بقیه مقادیر ثابت بمانند، دامنه نوسانات جرم چه تغییری می‌کند؟



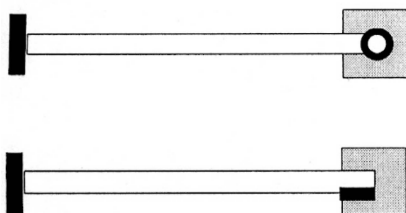
(۱) کاهش می‌یابد.

(۲) افزایش می‌یابد.

(۳) تفاوتی نمی‌کند.

(۴) بستگی به سایر مقادیر دارد.

۷۳- فرکانس طبیعی اول ارتعاشات عرضی یک تیر یکسر گیردار در حالتی که انتهای تیر به مرکز جرم متمرکز مفصل شده باشد،  $f_1$  و در حالتی که جوش داده شده باشد،  $f_2$  است. کدام مورد درست است؟



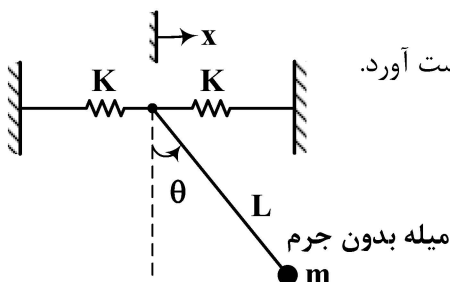
(۱)  $f_1 < f_2$

(۲)  $f_1 = f_2$

(۳)  $f_1 > f_2$

(۴) بستگی به مشخصات سیستم دارد.

۷۴- کدام مورد در خصوص سیستم ارتعاشی زیر درست است؟



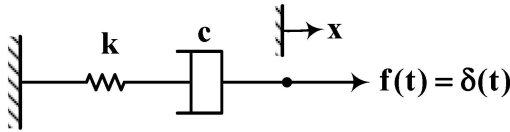
(۱) این سیستم نامعین بوده و نمی‌توان در مورد شکل مود آن نتیجه‌ای به دست آورد.

(۲) این سیستم دارای یک فرکانس طبیعی و دو شکل مود است.

(۳) این سیستم دارای دو فرکانس طبیعی و دو شکل مود است.

(۴) این سیستم دارای یک فرکانس طبیعی و یک شکل مود است.

۷۵- سیستم فنر - دمپر زیر، توسط نیروی ضربه‌ای  $f(t) = \delta(t)$  تحریک می‌شود. پاسخ سیستم در  $x(t)$  کدام است؟  
( $\delta(t)$  تابع دلتای دیراک است.)



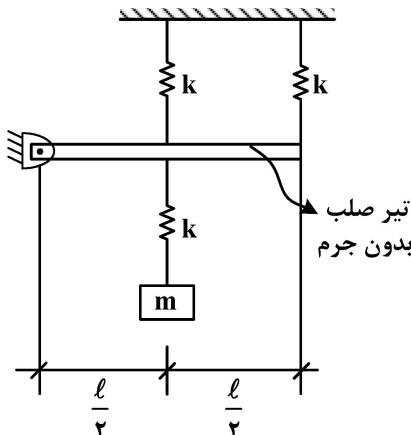
(۱)  $x(t) = 0$

(۲)  $x(t) = \frac{1}{c}u(t) + \frac{1}{k}\delta(t)$

(۳)  $x(t) = -\frac{1}{c} + \frac{1}{k}\delta(t)$

(۴)  $x(t) = \frac{1}{c}u(t) + \frac{1}{k}u(t)$

۷۶- فرکانس طبیعی سیستم کدام است؟



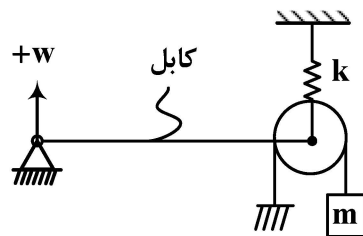
(۱)  $\sqrt{\frac{3k}{2m}}$

(۲)  $\sqrt{\frac{3k}{m}}$

(۳)  $\sqrt{\frac{3k}{6m}}$

(۴)  $\sqrt{\frac{\Delta k}{6m}}$

۷۷- کابل با کشش P به مرکز غلتک بدون جرم متصل شده است. جرم متمرکز m توسط نخ بدون جرمی که به دور غلتک پیچیده به غلتک متصل شده است. شرط مرزی کابل در سمت راست کدام است؟



(۱)  $4m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + kw + P = 0$

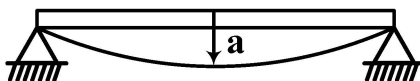
(۲)  $m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + k.w + P \frac{\partial w}{\partial x} = 0$

(۳)  $4m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + k.w + P \frac{\partial w}{\partial x} = 0$

(۴)  $2m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + kw + P \frac{\partial w}{\partial x} = 0$

۷۸- معادله خیز یک تیر با مقطع یکنواخت، جرم واحد طول m و طول L با تکیه‌گاه‌های ساده عبارت است از

$y(x) = \alpha \sin \frac{\pi x}{L}$ . فرکانس اصلی ارتعاش جانبی تیر کدام است؟



(در وضعیت تعادل، نیروی محوری تیر صفر فرض شود.)

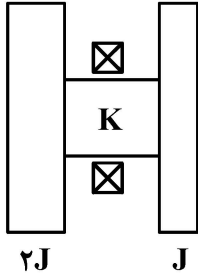
(۲)  $\pi \sqrt{\frac{EI}{mL^4}}$

(۱)  $\pi^2 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}}$

(۴)  $\frac{\pi^2}{2} \sqrt{\frac{EI}{mL^4}}$

(۳)  $4\pi^2 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}}$

۷۹- دو دیسک با ممان اینرسی‌های  $J$  و  $۲J$  به دو سر یک محور به سختی پیچشی  $K$  متصل هستند. فرکانس طبیعی این سیستم کدام است؟



$$\sqrt{\frac{K}{J}} \quad (۱)$$

$$\sqrt{\frac{۳K}{J}} \quad (۲)$$

$$\sqrt{\frac{۳K}{۲J}} \quad (۳)$$

$$\sqrt{\frac{K}{۲J}} \quad (۴)$$

۸۰- یک تار به طول  $L$  در  $x=0$  ثابت و در  $x=L$  نیروی محوری  $f(t) = f \cdot \cos(\omega t)$  دریافت می‌کند. شرایط مرزی آن کدام است؟

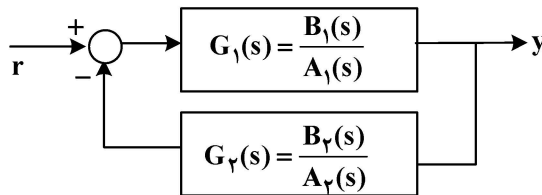
$$u(0, t) = 0, u(L, t) = 0 \quad (۱)$$

$$u(0, t) = 0, u_x(L, t) = \text{Arccos}\left(\frac{f}{T} \cos(\omega t)\right) \quad (۲)$$

$$u(0, t) = 0, Tu_x(L, t) = f \cdot \cos(\omega t) \quad (۳)$$

$$u_x(0, t) = 0, u_x(L, t) = f \cdot \cos(\omega t) \quad (۴)$$

۸۱- در شکل زیر، دو تابع تبدیل اسکالر  $G_1(s)$  و  $G_2(s)$  داده شده است. برای آنکه سیستم مدار بسته، کنترل‌پذیر و مشاهده‌پذیر باشند، کدام زوج‌ها می‌توانند ریشه مشترک داشته باشند؟



$$B_1(s) \text{ و } A_1(s) \quad (۱)$$

$$B_2(s) \text{ و } A_1(s) \quad (۲)$$

$$B_1(s) \text{ و } A_2(s) \quad (۳)$$

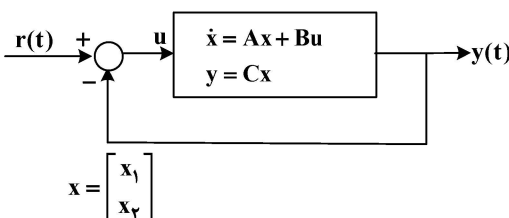
$$B_2(s) \text{ و } A_2(s) \quad (۴)$$

۸۲- در سیستم خطی رسته ۲ شکل زیر، ماتریس‌های  $A, B, C$  عبارتند از:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, C = [0 \quad 1]$$

رفتار سیستم مدار بسته به ازای  $r(t) = 0$  و با داشتن شرایط اولیه  $x_1$  و  $x_2$  ترکیبی از دو تابع زمانی است. کدام مورد، این

دو تابع زمانی (مودهای رفتاری سیستم) را نشان می‌دهد؟



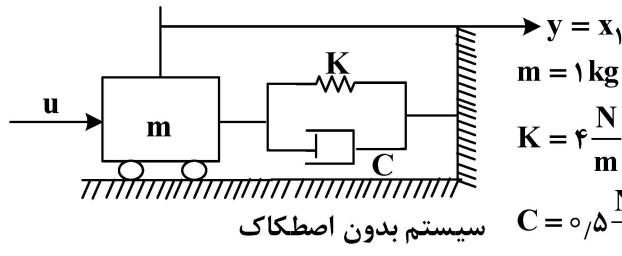
$$e^{-2t} \text{ و } e^{-t} \quad (۱)$$

$$t e^{-t} \text{ و } e^{-t} \quad (۲)$$

$$e^{-t} \cos t \text{ و } e^{-t} \sin t \quad (۳)$$

$$e^{-2t} \cos 2t \text{ و } e^{-2t} \sin 2t \quad (۴)$$

۸۳- در سیستم جرم و فنر و میراکننده زیر، ورودی به جرم  $m$  نیرو و خروجی سیستم تغییر مکان جرم  $m$  است.  $(y = x_1)$  تغییر مکان و سرعت جرم  $m$  به ترتیب با  $x_1$  و  $x_2$  بیان شده‌اند. برای این سیستم، یک کنترل فیدبک بردار حالت طوری طراحی کنید که رفتار جرم  $m$  ترکیبی از  $e^{-4t}$  و  $e^{-5t}$  شود. پارامترهای کنترل کننده  $k_1$  و  $k_2$  به ترتیب، کدامند؟



$$m = 1 \text{ kg}$$

$$K = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$C = 0.5 \frac{\text{N} \cdot \text{sec}}{\text{m}}$$

- (۱)  $4/8$  و  $12$   
 (۲)  $6/2$  و  $14/5$   
 (۳)  $7$  و  $2/5$   
 (۴)  $16$  و  $8/5$

۸۴- برای سیستم یک ورودی - یک خروجی با معادلات حالت داده شده، کدام پاسخ در مورد کنترل پذیری و مشاهده پذیری سیستم درست است؟

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & -4 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, C = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$$

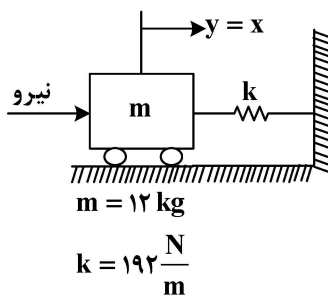
(۲) کنترل پذیر ولی مشاهده ناپذیر

(۱) کنترل ناپذیر و مشاهده ناپذیر

(۴) کنترل پذیر و مشاهده پذیر

(۳) کنترل ناپذیر ولی مشاهده پذیر

۸۵- در سیستم فنر و جرم روی سطح بدون اصطکاک زیر، برای محاسبه سرعت جرم  $m$  از مشاهده گر حالت (تخمین گر حالت) رسته کامل استفاده شده است. با فرض آنکه هر دو مقدار ویژه مشاهده گر حالت در  $-1$  واقع باشند، یکی از دو بهره مشاهده گر مساوی  $22$  است، مقدار بهره دیگر چقدر است؟



از دو بهره مشاهده گر مساوی  $22$  است، مقدار بهره دیگر چقدر است؟

- (۱)  $105$   
 (۲)  $32$   
 (۳)  $-2$   
 (۴)  $-\frac{105}{16}$

۸۶- برای سیستم  $\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -4 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$ ،  $y(t) = [1 \ 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$  کدام شرایط اولیه، سریع ترین پاسخ

ورودی صفر را دارد؟

(۲)  $\begin{bmatrix} 2 \\ -8 \end{bmatrix}$

(۱)  $\begin{bmatrix} 1 \\ 4 \end{bmatrix}$

(۴)  $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$

(۳)  $\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$

۸۷- برای جایگذاری تمام قطب‌های سیستم مدار بسته زیر در محل ۲- از فیدبک کل متغیرهای حالت استفاده شده است. ضرایب بهره کنترلی  $K$  کدام است؟

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \quad u(t) = -K \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

(۲)  $\begin{bmatrix} 4 & -27 & 32 \end{bmatrix}$

(۱)  $\begin{bmatrix} 8 & 10 & 3 \end{bmatrix}$

(۴)  $\begin{bmatrix} 4 & 27 & -32 \end{bmatrix}$

(۳)  $\begin{bmatrix} 8 & 10 & 9 \end{bmatrix}$

۸۸- در سیستم دینامیکی با معادلات فضای حالت زیر، پاسخ خروجی به شرایط اولیه داده شده کدام است؟

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, \quad y(t) = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

(۲)  $y(t) = 0$

(۱)  $y(t) = -2e^{-t}$

(۴)  $y(t) = 0.5(1 - e^{-2t})$

(۳)  $y(t) = 1 - e^{-t}$

۸۹- برای معادلات فضای حالت زیر، مشاهده‌گر رسته کاملی طراحی شده است به گونه‌ای که قطب‌های مشاهده‌گر در موقعیت ۳-، ۲- و ۱- قرار دارند. مجموع ضرایب بهره مشاهده‌گر چقدر است؟

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -4 & -4 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

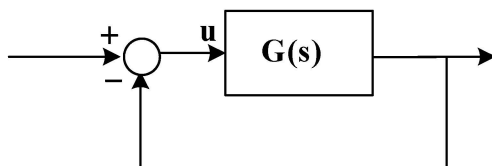
(۲) -۱۷

(۱) -۲۳

(۴) -۱۰

(۳) -۱۳

۹۰- در سیستم زیر سیستم مدار باز کنترل‌پذیر و مشاهده‌پذیر است و  $G(s) = \frac{B(s)}{A(s)}$  است. در خصوص سیستم مدار بسته کدام پاسخ درست است؟



(۱) کنترل‌پذیر و مشاهده‌پذیر است.

(۲) ممکن است کنترل‌ناپذیر باشد ولی مشاهده‌پذیر است.

(۳) کنترل‌پذیر است ولی ممکن است مشاهده‌پذیر نباشد.

(۴) ممکن است کنترل‌ناپذیر و مشاهده‌ناپذیر باشد.

برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته - تکنولوژی پینچ و تحلیل اگزرژی - تحلیل سیستم‌های انرژی:

۹۱- برای مینیمم‌سازی تابع زیر با شروع از نقطه  $x^0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$  و مسیر اولیه  $s^0 = \begin{bmatrix} -4 \\ -2 \end{bmatrix}$  مسیر حرکت جدید  $s^1$  در روش

«مسیرهای جستجوی ترکیبی» (Conjugate search Directions) کدام است؟

$$f(x) = 2x_1^2 + x_2^2 - 3$$

$$s^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$s^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -4 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$s^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$s^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

۹۲- در مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر، مقدار نهایی متغیرهای کمکی  $s_1$  و  $s_2$  چند است؟  
( $s_1$  و  $s_2$  متغیرهای کمکی محدودیت‌های اول و دوم هستند.)

$$\text{Max } z = 12x_1 + 8x_2$$

$$\text{s.t. : } \begin{cases} 5x_1 + 2x_2 \leq 150 \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 100 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 80 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 65 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 55 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 55 \\ 2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 65 \end{bmatrix} \quad (3)$$

۹۳- مقدار بهینه مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر کدام مورد است؟

$$\text{Max } z = 6x_1 - 2x_2$$

$$\text{s.t. : } \begin{cases} 2x_1 - x_2 \leq 2 \\ x_1 \leq 4 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$z = 6 \quad (2)$$

$$z = \infty \quad (1)$$

$$z = 24 \quad (4)$$

$$z = 12 \quad (3)$$

۹۴- ضریب لاگرانژ با دقت ۲ رقم اعشار در مسئله غیرخطی زیر کدام مورد است؟

$$\text{Max } z = 4x_1^2 + 5x_2^2$$

$$\text{s.t. : } \{ 2x_1 + 3x_2 - 6 = 0$$

$$\lambda = -1/28 \quad (2)$$

$$\lambda = -4/28 \quad (1)$$

$$\lambda = 1/07 \quad (4)$$

$$\lambda = 3/08 \quad (3)$$

۹۵- مقدار بهینه در مسئله برنامه‌ریزی عدد صحیح زیر کدام مورد است؟

$$\text{Max } z = 3x_1 + 2x_2$$

$$\text{s.t.: } \begin{cases} -x_1 + x_2 \leq 1/5 \\ 2x_1 - x_2 \leq 1/5 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \text{ integer} \end{cases}$$

$$z = 12 \quad (2)$$

$$z = 10 \quad (1)$$

$$z = 18 \quad (4)$$

$$z = 17 \quad (3)$$

۹۶- مقدار بهینه مسئله برنامه‌ریزی ریاضی زیر کدام است؟

$$\text{Max } Z = x_1 + 0.2x_2$$

$$\text{s.t.: } \begin{cases} x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 \leq 2 \\ x_2 \leq 2 \\ x_1 + 2x_2 \leq 6 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$4/4 \quad (1)$$

$$6 \quad (2)$$

$$2/4 \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

۹۷- جدول بهینه مسئله اولیه برنامه‌ریزی ریاضی به صورت زیر است، ضرایب تابع هدف مسئله دوگان کدام است؟

	$x_1$	$x_2$	$s_1$	$s_2$	RHS
Z	1/4	0	0/8	0	6/4
$x_2$	0/6	1	0/2	0	1/6
$s_2$	1/4	0	-1/2	1	0/4

$$(0/2, 0/6) \quad (1)$$

$$(1/6, 0/4) \quad (2)$$

$$(8, 10) \quad (3)$$

$$(1/4, 0/8) \quad (4)$$

۹۸- کدام گزاره در خصوص ارتباط بین مسئله اولیه و مسئله دوگان درست است؟

(۱) اگر مسئله اولیه ناموجه باشد، مسئله دوگان لزوماً ناموجه است.

(۲) اگر مسئله اولیه ناموجه باشد، مسئله دوگان لزوماً نامحدود است.

(۳) اگر مسئله اولیه نامحدود باشد، مسئله دوگان ممکن است موجه باشد.

(۴) اگر مسئله اولیه ناموجه باشد، مسئله دوگان ممکن است نامحدود یا ناموجه باشد.

۹۹- در مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر، اگر جدول بهینه به صورت زیر باشد،  $\alpha + \beta$  کدام است؟

$$\text{Max } Z = 5x_1 + 3x_2 - x_3$$

$$\text{s.t.: } \begin{cases} 2x_1 + \alpha x_2 + x_3 \geq 15 \\ x_1 + \beta x_2 = 10 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

جدول بهینه مسئله اولیه

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$s_1$	$R_1$	$R_2$	RHS
Z	0	7	1	0	M	M+5	50
	1	2	0	0	0	1	10
	0	2	-1	1	-1	2	5

$$4 \quad (2)$$

$$1 \quad (1)$$

$$25 \quad (4)$$

$$8 \quad (3)$$

۱۰۰- جدول بهینه یک مسئله برنامه‌ریزی خطی و دوگان آن به صورت زیر داده شده است. با استفاده از اطلاعات جدول بهینه مسئله اولیه، مقدار  $a+b+c$  کدام است؟

جدول بهینه مسئله ثانویه

		RHS
*	*	*
		a
		b
		c

۱۲ (۲)

۱۶ (۴)

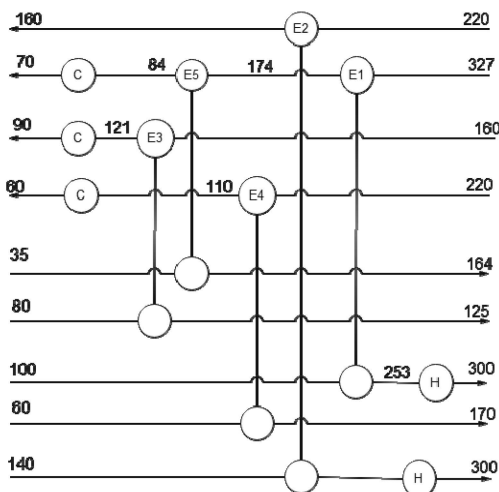
جدول بهینه مسئله اولیه

		RHS
Z	۳ ۰ ۹ ۴ ۰ M	۴۰
$S_1$	۳ ۰ ۶ ۲ ۱ -۱	۵
$X_1$	۲ ۱ ۳ ۱ ۰ ۰	۱۰

۴ (۱)

۱۵ (۳)

۱۰۱- شبکه مبدل حرارتی موجود در فرایندی به صورت زیر می‌باشد،  $T_{pinch} = 15^\circ C$  و  $\Delta T_{min} = 20^\circ C$  است.



کدام مبدل‌ها، ناقض قوانین پینچ هستند؟

(۱)  $E_1$  و  $E_2$ ,  $E_3$

(۲)  $E_1$  و  $E_4$ ,  $E_5$

(۳)  $E_3$  و  $E_4$ ,  $E_5$

(۴)  $E_2$  و  $E_3$ ,  $E_4$

۱۰۲- داده جریان‌های فرایندی در جدول زیر نمایش داده شده است.  $\Delta T_{min} = 10^\circ C$  و دمای  $T_{pinch} = 155^\circ C$  است. اگر قرار

باشد امکان تولید بخار اشباع از مایع اشباع  $12^\circ C$  حداکثر شود، به ترتیب، میزان بار گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز (برحسب kW) چقدر است؟ (منابع در دسترس بخار  $210^\circ C$ ، مایع اشباع  $12^\circ C$  و آب  $35^\circ C$  است.)

Streams	Type of streams	$T_s$ ( $^\circ C$ )	$T_t$ ( $^\circ C$ )	CP (kW/ $^\circ C$ )
1	Hot (H1)	190	50	18
2	Hot (H2)	160	50	42
3	Cold (C1)	70	190	27
4	Cold (C2)	40	140	20

(۱)  $HP(210^\circ C) = 540$  و  $LP(12^\circ C) = 590$ , C.W. = 1850

(۲)  $HP(210^\circ C) = 540$  و  $LP(12^\circ C) = 720$ , C.W. = 520

(۳)  $HP(210^\circ C) = 540$  و  $LP(12^\circ C) = 0$ , C.W. = 2440

(۴)  $HP(210^\circ C) = 1360$ , C.W. = 1850

۱۰۳- یک موتور حرارتی غیرایده آل بین دو مخزن با دماهای ۹۰۰ و ۳۰۰ درجه کلوین کار می کند. بازده واقعی موتور برابر ۴۰٪ بازده موتور کارنو بین همین دو منبع است. موتور در هر چرخه مقدار ۱۲۰۰۰J حرارت از منبع دما بالا می گیرد. تمام کار موتور، صرف راه اندازی یک یخچال کارنو می شود که بین دو مخزن با دماهای ۲۶۰ و ۳۰۰ درجه کلوین کار می کند. فرض کنید تنها منابع دمایی موجود همین سه مخزن ۲۶۰، ۳۰۰ و ۹۰۰ درجه کلوین هستند. طراح این سیستم ادعا می کند که «با انتخاب COP مناسب برای یخچال، می توان کاری کرد که اگرژی نابود شده در کل چرخه (موتور + یخچال) صفر شود.» کدام گزینه درست است؟

(۱) ادعای طراح، ناقض قانون دوم ترمودینامیک است.

(۲) اگر COP یخچال برابر COP کارنو باشد، اگرژی چرخه کامل می تواند صفر شود.

(۳) اگرژی نابود شده چرخه فقط به بازده موتور وابسته است و به COP یخچال ارتباطی ندارد.

(۴) چون یخچال کارنو است، می توان اگرژی چرخه را با تنظیم COP به هر مقدار دلخواه حتی صفر رساند.

۱۰۴- کدام گزینه در خصوص میزان حداقل اختلاف دما ( $\Delta T_{min}$ ) در شبکه مبدل های حرارتی (مایع - مایع، گاز - گاز و مایع - گاز) درست است؟

(۱) مایع - گاز < گاز - گاز و گاز - مایع = مایع - مایع

(۲) مایع - مایع < مایع - گاز < گاز - گاز

(۳) گاز - گاز < مایع - مایع < مایع - گاز

(۴) گاز - گاز = مایع - مایع < مایع - گاز

۱۰۵- یک تجهیز بین دو منبع حرارتی دما پایین و دما بالا، یک بار به عنوان پمپ حرارتی و یکبار یخچال کار می کند. اگر فرض کنیم در هر دو حالت کار ورودی یکسان باشد، راندمان اکسرژتیک کدام حالت بیشتر است؟

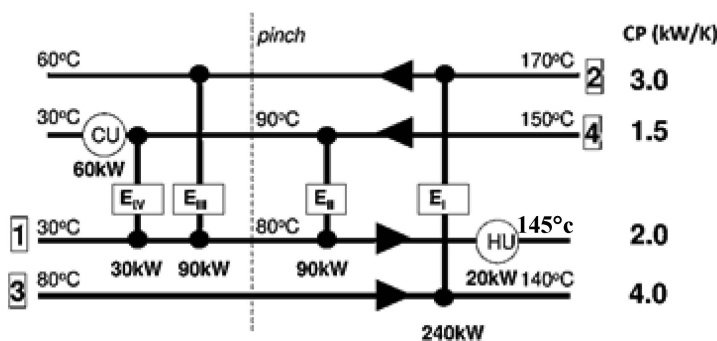
(۱) پمپ حرارتی

(۲) یخچال

(۳) یکسان است.

(۴) نیاز به دانستن دما منابع است.

۱۰۶- طراحی شبکه مبدل حرارتی فرآیندی جهت ماکسیمم کردن بازیافت حرارتی به شکل زیر است. در صورت مینیمم کردن سطح انتقال حرارت، مقادیر گرمایش و سرمایش خارجی (hot and cold utility) مورد نیاز چقدر افزایش می یابد؟



(۲)  $H_u = 27.5 \text{ KW}$  ,  $C_u = 67.5 \text{ KW}$

(۴)  $H_u = 12.5 \text{ KW}$  ,  $C_u = 52.5 \text{ KW}$

(۱) بدون تغییر خواهند بود.

(۳)  $H_u = 30 \text{ KW}$  ,  $C_u = 70 \text{ KW}$

۱۰۷- اکسرژی یک سیستم ایزوله ..... .

(۲) تنها کاهش می یابد.

(۱) می تواند افزایش یابد.

(۴) هرگز افزایش نمی یابد.

(۳) هرگز کاهش نمی یابد.



۱۱۲- یک کشور  $120 \text{ TWh}$  مصرف برق سالانه دارد. شبکه قصد دارد:

- ۲۵٪ انرژی سالانه خود را از خورشید و باد تأمین کند.

- ضریب ظرفیت متوسط تجدیدپذیرها ۲۵٪ است.

- در پیک، تنها ۴۰٪ از ظرفیت نصب شده تجدیدپذیرها قابل اتکا است.

حداقل ظرفیت نصب شده تجدیدپذیرها (باد + خورشید) به طوری که شبکه بتواند اهداف انرژی سالانه و قابلیت اتکا در پیک را برآورده کند، تقریباً چند GW است؟

(۱) ۲۲

(۲) ۳۰

(۳) ۳۵

(۴) ۴۲

۱۱۳- در یک بازار برق، قیمت اولیه برق  $\$/kWh$  ۱۰۰ است. پس از وضع مالیات بر کربن قیمت به میزان  $\$/kWh$  ۲۰ افزایش می‌یابد. تولیدکنندگان فقط ۵۰٪ مالیات را می‌توانند به مصرف‌کننده منتقل کنند. قدر مطلق کشش کوتاه‌مدت تقاضای برق ۲۵٪ است و مصرف اولیه  $100 \text{ TWh/year}$  است. مصرف جدید سالیانه چند TWh است؟

(۱) ۹۸٫۷۵

(۲) ۹۷٫۵

(۳) ۹۶٫۲۵

(۴) ۹۵

۱۱۴- شبکه برق آلمان، تحت تأثیر کاهش عرضه گاز طبیعی به دلیل جنگ روسیه و اوکراین قرار گرفته است. داده‌های کلیدی آلمان عبارتند از:

- مصرف سالانه برق آلمان:  $500 \text{ TWh}$

- بار پیک:  $80 \text{ GW}$

- بار پایه:  $50 \text{ GW}$

- سهم گاز طبیعی در تولید برق: ۳۰٪

- کشش کوتاه‌مدت تقاضای برق: ۰٫۲-

- کشش کوتاه‌مدت عرضه برق (از سایر سوخت‌ها برای جایگزینی گاز): ۰٫۴

- کاهش عرضه گاز: ۲۵٪

با در نظر گرفتن تنظیمات کوتاه‌مدت بازار در قیمت و مصرف برق، کدام گزینه درست است؟

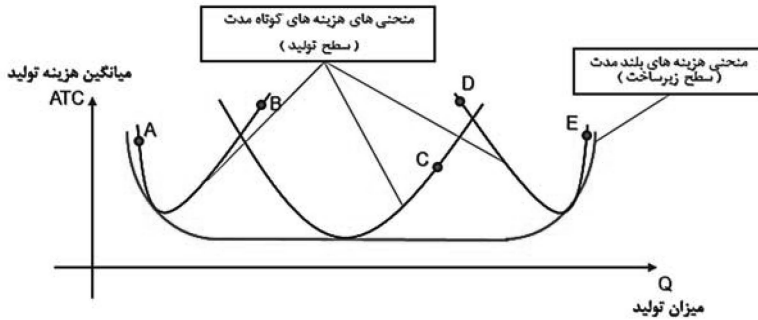
(۱) مصرف برق بیش از ۲۵٪ به دلیل کشش قیمت، کاهش خواهد یافت.

(۲) قیمت برق افزایش می‌یابد و بخشی از تولید گاز از طریق زغال‌سنگ، نیروگاه هسته‌ای یا منابع تجدیدپذیر جایگزین می‌شود که کاهش مصرف را محدود می‌کند.

(۳) آلمان می‌تواند همان تولید برق را بدون افزایش قیمت حفظ کند زیرا سوخت‌های جایگزین به طور کامل گاز را جایگزین می‌کنند.

(۴) بار پیک کمی کاهش می‌یابد، اما به دلیل غیرکشسانی نسبی تقاضا، کاهش زیاد نیست.

۱۱۵- با توجه به نمودار زیر، کدام گزاره درست است؟



- (۱) در نقطه C می توان سطح تولید و زیرساخت را افزایش داد.
- (۲) در نقطه D می توان سطح تولید را کاهش و سطح زیرساخت را افزایش داد.
- (۳) در نقطه E نمی توان سطح تولید و زیرساخت را افزایش داد.
- (۴) در نقطه A نمی توان سطح تولید و زیرساخت را افزایش داد.

۱۱۶- کدام گزینه مفهوم قیمت سایه ای انرژی است؟

- (۱) قیمت انرژی در بازار
  - (۲) مقدار تغییر در هزینه سیستم به ازای تولید یک واحد انرژی بیشتر
  - (۳) مقدار هزینه کل سیستم تولید انرژی به ازای تولید هر واحد انرژی
  - (۴) مقدار ارزش قابل حصول در صورت دسترسی به یک واحد انرژی بیشتر
- ۱۱۷- یک نیروگاه گازی با ظرفیت نامی ۵۰۰ مگاوات و ضریب ظرفیت ۶۰٪ و ۷۰۰۰ ساعت در سال کار می کند. اگر راندمان حرارتی نیروگاه ۳۶٪ و ارزش حرارتی گاز طبیعی ۳۰ مگاژول بر متر مکعب باشد، مصرف سالانه گاز این نیروگاه، حدوداً چند میلیون مترمکعب است؟

- (۱) ۷۰۰
- (۲) ۱۴۰۰
- (۳) ۱۷۰۰
- (۴) ۲۱۰۰

۱۱۸- نیروگاه بادی با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات، ضریب ظرفیت ۳۳٪ و دارای طول عمر ۲۰ سال است. اگر هزینه سرمایه گذاری اولیه ۱۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات و هزینه تعمیر و نگهداری سالانه ناچیز باشد، با نرخ تنزیل ۸٪ (ضریب بازیافت سرمایه معادل ۰/۱) هزینه هم تراز شده برق (LCOE) تقریباً چند دلار بر مگاوات ساعت است؟

- (۱) ۴۵
- (۲) ۶۰
- (۳) ۸۵
- (۴) ۱۱۰

۱۱۹- در صورت اجرای سیاست حذف یارانه بنزین و دو برابر شدن قیمت بنزین و با کاهش قیمتی تقاضای بنزین برابر با  $0.17-$  و با فرض مصرف متوسط سالانه  $50$  میلیون مترمکعب بنزین با فرض هزینه تأمین هر لیتر بنزین  $80$  سنت، میزان کاهش سالانه هزینه تأمین بنزین، تقریباً چند میلیارد دلار در سال است؟

(۱) ۱

(۲)  $6/5$

(۳) ۱۰

(۴) ۱۰۰

۱۲۰- اگر در یک سیستم انرژی، شدت انرژی از  $0.8$  به  $0.6$  کاهش یابد و تولید ناخالص داخلی  $10\%$  افزایش یابد، مصرف کل انرژی حدوداً چقدر تغییر می‌کند؟

(۱)  $7\%$  افزایش می‌یابد.

(۲)  $12\%$  کاهش می‌یابد.

(۳)  $17\%$  کاهش می‌یابد.

(۴) بدون تغییر می‌ماند.



