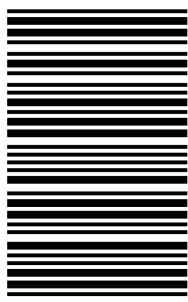


کد کنترل

250A



250A

عصر پنجشنبه

شناور



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

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

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته – سال ۱۴۰۵
مهندسی بازرسی فنی (کد ۱۲۹۲)

مدت زمان پاسخ‌گویی: ۱۸۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۲۵ سؤال

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)	۲۵	۱	۲۵
۲	ریاضیات (ریاضی عمومی (۱ و ۲)، معادلات دیفرانسیل، ریاضیات مهندسی)	۲۰	۲۶	۴۵
۳	ترمودینامیک و مکانیک سیالات	۲۰	۴۶	۶۵
۴	متالورژی فیزیکی و مکانیکی	۲۰	۶۶	۸۵
۵	الکتروشمی و خوردگی	۲۰	۸۶	۱۰۵
۶	مقاومت مصالح و تست‌های غیرمخرب	۲۰	۱۰۶	۱۲۵

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

امضا:

زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی):

PART A: Vocabulary

Directions: Choose the word (1), (2), (3), or (4) that best completes each sentence. Then mark the answer on your answer sheet.

- 1- The main of a server is to provide services to other computers over a network.
1) trip 2) position 3) function 4) situation
- 2- Time will show him to be a very president in this country, because he has made great long-term decisions.
1) successful 2) friendly 3) additional 4) sudden
- 3- She soon that the local people had no interest in her extraordinary stories.
1) discovered 2) happened 3) developed 4) existed
- 4- That dystopian movie was a perfect of consumerism without morals.
1) reliance 2) prominence 3) improvement 4) demonstration
- 5- It is not unusual for teeth to "shift and drift" as you age and it tends to more in the bottom teeth than the top.
1) descend 2) occur 3) behold 4) abandon
- 6- To earn more money, Lydgate was forced to trade a creative career as an artist for a/an one.
1) ebullient 2) parsimonious 3) lucrative 4) impecunious
- 7- On a more enlightened planet, we would not need to; we could, instead, honestly tell our bosses we have not finished our work and that's that.
1) adumbrate 2) prevaricate 3) disabuse 4) emulate

PART B: Cloze Test

Directions: Read the following passage and decide which choice (1), (2), (3), or (4) best fits each space. Then mark the correct choice on your answer sheet.

Sigmund Freud began his career in the 1890s(8) psychoanalysis, which is both a theory of personality and a method of treating people. To Freud, human behavior is largely determined by wishes and memories(9) unaware. Psychoanalysis as a method of treatment(10) these memories to awareness and free the individuals from their negative influence.

- 8- 1) and formulated 2) who formulating
3) was formulated 4) when was formulating
- 9- 1) which people have been 2) people of them have been
3) of which people are 4) of them people are
- 10- 1) seeking bringing 2) seeking to bring
3) seeks bringing 4) seeks to bring

PART C: Reading Comprehension

Directions: Read the following three passages and answer the questions by choosing the best choice (1), (2), (3), or (4). Then mark the correct choice on your answer sheet.

PASSAGE 1:

The current offshore inspection methods face several issues that reduce their effectiveness and efficiency. One of the main issues is the reliance on traditional inspection techniques, such as visual inspection and nondestructive testing (NDT), which are often time-consuming, costly, and limited in their ability to access hard-to-reach areas. These methods require human intervention and are subject to human error, which makes them less reliable. Furthermore, offshore installations are subject to perpetual fatigue loading and harsh marine environments, which can cause structural degradation and damage.

Furthermore, current inspection methods may not be able to effectively monitor the health and safety of offshore structures in real time. Traditional inspection techniques often provide a snapshot of the current condition of the structure, but do not provide continuous monitoring or early detection of potential problems. This can lead to unexpected failures and higher maintenance costs. Advanced monitoring systems are needed to continuously collect data on the structural health of offshore installations and provide real-time feedback on their condition.

- 11- The underlined word “installations” in paragraph 1 is closest in meaning to
 1) voyages 2) investigations 3) missions 4) structures
- 12- The underlined word “their” in paragraph 1 refers to
 1) methods 2) issues
 3) techniques 4) effectiveness and efficiency
- 13- According to paragraph 1, what is a major problem in current offshore inspection methods?
 1) Dependence only on traditional techniques
 2) Lack of necessary investment
 3) Absence of professional human resources
 4) The environmental impact of offshore sites
- 14- All of the following words are mentioned in the passage EXCEPT
 1) snapshot 2) fatigue 3) retention 4) maintenance
- 15- According to the passage, which of the following is true?
 1) Traditional offshore inspection techniques may not provide the necessary feedback in time to prevent sudden failure.
 2) The problem with current inspection techniques is not in the identification of problems but in presenting solutions for them.
 3) Traditional inspection techniques may be expensive, but they are suitable for inaccessible locations.
 4) Current inspection techniques, such as NDT, are free from error as people have minimal participation in them.

PASSAGE 2:

In 2013, the global corrosion costs were estimated to be 2.5 trillion USD. By means of implementing a suitable corrosion management system, it is estimated that 10-25% of the corrosion costs could be saved, which is close to 250-625 billion USD per year! The corrosion phenomenon is the primary threat affecting the reliability and life cycle of assets that degrade crucial energy sources throughout the world. The estimated annual corrosion-related costs are about 7 billion USD to monitor, repair and maintain assets. In order to control and manage corrosion threats, the consequences and the likelihood of corrosion should be taken into account simultaneously.

For instance, revenue losses, maintenance (repairing), clean-up costs, etc. are called direct costs. The other impacts of corrosion include decline of an asset to the point where it is no longer fit for its intended purpose, future production losses, environmental crisis fines as a result of soil contamination, air pollution, river and sea contaminations, which are called indirect costs.

- 16- The underlined word “simultaneously” in paragraph 1 is closest in meaning to
- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1) practically | 2) in an ideal situation |
| 3) at the same time | 4) properly |
- 17- Why does the writer refer to some statistics in paragraph 1?
- | | |
|--|--|
| 1) To demonstrate the significance of the problem in question | |
| 2) To prove that most of the corrosion-related costs can be saved | |
| 3) To show that economy and maintenance engineering have the same goal | |
| 4) To show off his mastery of quantitative methods too | |
- 18- Which of the following is NOT mentioned as an effect of corrosion in paragraph 2?
- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1) A fall in revenues | 2) Threats to the natural habitat |
| 3) Threats to the asset itself | 4) Human resources reduction |
- 19- Which of the following techniques is used in the passage?
- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) Appeal to authority | 2) Direct quotation |
| 3) Classification | 4) Rhetorical question |
- 20- The passage provides sufficient information to answer which of the following questions?
- I. In which decade did the first study about corrosion begin?
- II. What is a factor to be calculated in corrosion control and management?
- III. What is a material that can slow down corrosion?
- | | |
|-------------|--------------|
| 1) Only II | 2) Only III |
| 3) I and II | 4) I and III |

PASSAGE 3:

The logic of run-to-failure management is simple and straightforward. When a machine breaks, fix it. This “if it ain’t broke, don’t fix it” method of maintaining plant machinery has been a part of plant maintenance operations since the first manufacturing plant was built, and on the surface sounds reasonable. [1] A plant using run-to-failure management does not spend any money on maintenance until a machine or system fails to operate. Run-to-failure is a reactive management technique that waits for machine or equipment failure before any maintenance action is taken, which

makes it the most expensive approach to maintenance management. Few plants use a true run-to-failure management philosophy. In almost all instances, plants perform basic preventive tasks (i.e., lubrication, machine adjustments, and other adjustments) even in a run-to-failure environment. [2]

Since there is no attempt to anticipate maintenance requirements, a plant that uses true run-to-failure management must be able to react to all possible failures within the plant. [3] This reactive method of management forces the maintenance department to maintain extensive spare parts inventories that include spare machines or at least all major components for all critical equipment in the plant. The alternative is to rely on equipment vendors that can provide immediate delivery of all required spare parts. Even then, premiums for expedited delivery substantially increase the costs of repair parts and downtime required for correcting machine failures. To minimize the impact on production created by unexpected machine failures, maintenance personnel must also be able to react immediately to all machine failures. [4]

- 21- According to paragraph 1, which of the following pairs is true about a real run-to-failure approach?
- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1) Reasonable and reactive | 2) Reactive and costly |
| 3) Unpopular but reasonable | 4) Costly but popular |
- 22- According to paragraph 2,
- 1) some suppliers can rapidly provide manufacturing plants with the necessary parts
 - 2) maintaining spare parts inventories is not the task of maintenance departments
 - 3) ignoring maintenance measures increases costs but finally reduces machine downtime
 - 4) preparing big inventories to store all components is vital in all maintenance methods
- 23- Which of the following best describes the writer's opinion regarding the run-to-failure approach?
- | | |
|----------------|---------------------|
| 1) Ambivalence | 2) Approval |
| 3) Disapproval | 4) Guarded approval |
- 24- What does paragraph 2 mainly discuss?
- 1) The consequences expected in the absence of a real maintenance approach worthy of the name
 - 2) An alternative method offered in place of the one explained earlier in the previous paragraph
 - 3) A series of facts that in a sense undermines the argument put forward earlier in paragraph one
 - 4) The possible reasons that collectively make a firm adopt the so-called run-to-failure approach
- 25- In which position marked by [1], [2], [3] or [4], can the following sentence best be inserted in the passage?
- However, in this type of management, machines and other plant equipment are not rebuilt nor are any major repairs made until the equipment fails to operate.**
- | | |
|--------|--------|
| 1) [1] | 2) [2] |
| 3) [3] | 4) [4] |

ریاضیات (ریاضی عمومی (۱ و ۲)، معادلات دیفرانسیل، ریاضیات مهندسی):

۲۶- توابع $f(x) = \frac{e^x}{1+e^x}$ و $g(x) = \cos^2 x$ ، در بازه $(\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2})$ مفروض اند. حاصل $f^{-1}(g(x))$ کدام است؟

(۱) $\ln(\tan x)$

(۲) $\ln(\cot x)$

(۳) $2 \ln(\tan x)$

(۴) $2 \ln(\cot x)$

۲۷- اگر f یک تابع پیوسته باشد، آنگاه مقدار $\int_0^\pi x f(\sin x) dx$ با مقدار کدام مورد برابر است؟

(۱) $\frac{\pi}{2} \int_0^\pi f(\sin x) dx$

(۲) $\pi \int_0^\pi f(\sin x) dx$

(۳) $-\frac{\pi}{2} \int_0^\pi f(\sin x) dx$

(۴) $-\pi \int_0^\pi f(\sin x) dx$

۲۸- اگر $y = y(x)$ تابعی بر حسب x باشد، آنگاه $\frac{dy}{dx}$ در رابطه زیر کدام است؟

$$\int_{\frac{\pi}{2}}^x \sqrt{3 - 2 \sin^2 t} dt + \int_0^y \cos t dt = 0$$

(۱) $\frac{\cos y}{\sqrt{3 - 2 \sin^2 x}}$

(۲) $\frac{-\cos y}{\sqrt{3 - 2 \sin^2 x}}$

(۳) $\frac{\sqrt{3 - 2 \sin^2 x}}{-\cos y}$

(۴) $\frac{\sqrt{3 - 2 \sin^2 x}}{\cos y}$

۲۹- با توجه به تساوی $\int_0^\infty \frac{t^{p-1}}{1+t} dt = \frac{\pi}{\sin(p\pi)}$: $0 < p < 1$ ، مقدار $\int_0^\infty \frac{dx}{1+x^6}$ کدام است؟

(۱) $\frac{\pi}{6}$

(۲) $\frac{\pi}{3}$

(۳) $\frac{2\pi}{3}$

(۴) $\frac{3\pi}{2}$

۳۰- بازه همگرایی سری $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \left(\frac{1+x}{1-x}\right)^n$ کدام است؟

(۱) $[\frac{1}{2}, \infty)$

(۲) $(\frac{1}{2}, \infty)$

(۳) $(-\infty, \frac{1}{2})$

(۴) $(-\infty, \frac{1}{2}]$

۳۱- مقادیر ویژه ناصفر ماتریس $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix}$ کدام اند؟

(۱) $\pm\sqrt{2}$

(۲) $\pm\sqrt{3}$

(۳) ± 2

(۴) ± 3

۳۲- بردار مماس واحد (یکه) بر خم $\vec{r}(t) = 2 \cos(2t) \hat{i} + 2 \sin(2t) \hat{j} + 2t \hat{k}$ کدام است؟

(۱) $-\frac{4}{5} \sin(2t) \hat{i} + \frac{4}{5} \cos(2t) \hat{j} + \frac{2}{5} \hat{k}$

(۲) $\frac{4}{5} \cos(2t) \hat{i} + \frac{4}{5} \sin(2t) \hat{j} + \frac{2}{5} \hat{k}$

(۳) $\sin(2t) \hat{i} - \cos(2t) \hat{j}$

(۴) $-\cos(2t) \hat{i} - \sin(2t) \hat{j}$

۳۳- فرض کنید $f = f(r, s, t)$ ، $r = ax + 2y - z$ ، $s = -x + by + 2z$ و $t = 2x - 4y + cz$. اگر $f_x + f_y + f_z = 0$ ،

آنگاه کدام مورد درست است؟

(۱) $a = c = 1$ و $b = -2$

(۲) $a = b = 1$ و $c = -2$

(۳) $a = c = -1$ و $b = 2$

(۴) $a = b = -1$ و $c = 2$

۳۴- فرض کنید $f(x, y) = x^2 y^2 - xy^3 - 3y$. مقدار مشتق سویی تابع f در نقطه $(2, 1)$ و در جهت بردار

$\vec{u} = -2\hat{i} - \hat{j}$ کدام است؟

(۱) $-\sqrt{5}$

(۲) $-\frac{1}{\sqrt{5}}$

(۳) $\frac{1}{\sqrt{5}}$

(۴) $\sqrt{5}$

۳۵- حجم ناحیه محدود بین استوانه‌های $x^2 + y^2 = 1$ و $x^2 + y^2 = 4$ که زیر صفحه $z = 10 - 2x + 3y$ و بالای صفحه $z = 0$ قرار دارد، کدام است؟

(۱) 10π

(۲) 20π

(۳) 30π

(۴) 40π

۳۶- با تغییر متغیر $u = xy$ ، جواب عمومی معادله دیفرانسیل $y' = \frac{x^2 y^2 - 1}{x^2 - x^3 y}$ در کدام تساوی صادق است؟

(۱) $xy - \ln x = c$

(۲) $xy + \ln x = c$

(۳) $2xy - \ln x = cx^2$

(۴) $2xy + 1 = cx^2$

۳۷- اگر $2y(x) = 2 + \int_0^x (1 + y^2(t)) dt$ ، آنگاه مقدار $y(\frac{\pi}{6})$ کدام است؟

(۱) صفر

(۲) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

(۳) ۱

(۴) $\sqrt{3}$

۳۸- جمله عمومی سری توانی جواب معادله دیفرانسیل $y'' + 2x^2 y' + x^3 y = 1 + x^2$ حول $x=0$ و به ازای $n \geq 0$ ، کدام است؟

(۱) $a_{n+5} = \frac{2(n+2)a_{n+2} + n(n-1)a_n}{-(n+5)(n+4)}$

(۲) $a_{n+5} = \frac{2(n+2)a_{n+2} + n(n+1)a_n}{-(n+5)(n+4)}$

(۳) $a_{n+5} = \frac{a_n + 2(n+2)a_{n+2}}{-(n+5)(n+4)}$

(۴) $a_{n+5} = \frac{2(n+2)a_{n+2} - a_n}{-(n+5)(n+4)}$

۳۹- اگر به‌ازای مقادیر مثبت حقیقی a و b ، $F(s)$ تبدیل لاپلاس تابع $f(t) = e^{a-ae^{-bt}}$ باشد، آنگاه $F(b)$ کدام است؟

$$\frac{1-e^a}{ab} \quad (۱)$$

$$\frac{e^a-1}{ab} \quad (۲)$$

$$e^a-1 \quad (۳)$$

$$1-e^a \quad (۴)$$

۴۰- اگر $L^{-1}\left\{\frac{1}{(s^2+1)(s^2+9s)}\right\} = a \cos t + b \cos(3t) + c$ ، آنگاه مقدار c کدام است؟

$$\frac{5}{36} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{9} \quad (۲)$$

$$-\frac{1}{9} \quad (۳)$$

$$-\frac{5}{36} \quad (۴)$$

۴۱- اگر $\frac{1}{4}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$ سری فوریه تابع $f(x) = 1 + \cos x + 2 \cos^2 x + 4 \cos^3 x$ باشد،

آنگاه مقادیر a_1 و a_3 کدام‌اند؟

$$a_3 = \frac{1}{4} \text{ و } a_1 = \frac{5}{4} \quad (۱)$$

$$a_3 = \frac{3}{9} \text{ و } a_1 = \frac{5}{4} \quad (۲)$$

$$a_3 = 3 \text{ و } a_1 = 4 \quad (۳)$$

$$a_3 = 1 \text{ و } a_1 = 4 \quad (۴)$$

۴۲- در معادله انتگرالی زیر، $g(w)$ کدام است؟

$$\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} g(w) \sin(wx) dw = \begin{cases} 3-2x & 0 \leq x \leq \frac{3}{2} \\ 0 & x > \frac{3}{2} \end{cases}$$

$$\frac{w \cos(\frac{3}{2}w) + 2 \sin(wx)}{w^2} \quad (۲)$$

$$\frac{w \cos(\frac{3}{2}w) - 2 \sin(wx)}{w^2} \quad (۴)$$

$$\frac{3w + 2 \sin(\frac{3}{2}w)}{-w^2} \quad (۱)$$

$$\frac{3w - 2 \sin(\frac{3}{2}w)}{w^2} \quad (۳)$$

۴۳- اگر $u(x, y) = e^x (x \cosh y - y \sinh x)$ قسمت حقیقی تابع تحلیلی $f(x + iy) = u(x, y) + iv(x, y)$ باشد، آنگاه مقدار $f'(0)$ کدام است؟

(۱) -۱

(۲) ۱

(۳) صفر

(۴) -i

۴۴- بسط لوران تابع $f(z) = \frac{1}{z-1}$ حول $z=0$ ، به ازای $|z| > 1$ ، کدام است؟

(۱) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{-1}{z^{n+1}}$

(۲) $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{-1}{z^{n+1}}$

(۳) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{z^{n+1}}$

(۴) $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{z^{n+1}}$

۴۵- اگر $a > 0$ ، آنگاه مقدار $\oint_{|z|=a} \frac{z \sin \bar{z}}{\bar{z}} dz$ کدام است؟

(۱) $-\frac{\pi a^4}{3} i$

(۲) $-2\pi a^2 i$

(۳) $\frac{\pi a^4}{3} i$

(۴) $2\pi a^2 i$

ترمودینامیک و مکانیک سیالات:

۴۶- اگر مقدار سطح پسا (Drag Area)، برای یک جسم کروی 10 m^2 باشد، در اثر برخورد جریان سیالی تراکم پذیر، نیروی

پسا به میزان $(N) 3 \times 10^3$ به آن وارد می شود. انرژی جنبشی سیال به ازای حجم سیال چند $\frac{J}{m^3}$ است؟ (از ترم انرژی

پتانسیل صرف نظر کنید.)

(۱) ۶۰

(۲) ۳۰

(۴) با داده های موجود نمی توان مسئله را حل کرد.

(۳) ۹۰

۴۷- توزیع سرعت سیال درون لایه مرزی به صورت $\frac{u}{u_{\infty}} = 3 + 2\left(\frac{y}{\delta}\right)^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{y}{\delta}\right)^3$ می باشد. کدام گزینه را می توان

نتیجه گرفت؟

(۱) سیال در تماس با جداره جسم جامد است.

(۲) سیال در جداره جسم جامد در لحظه جدایی است.

(۳) گرادیان فشار در جهت حرکت سیال کاهشی است.

(۴) سیال در جداره جسم جامد دچار جدایی شده است.

۴۸- در یک جریان ایده آل در اطراف یک جسم جامد، مؤلفه های سرعت عبارتند از $u = 6x^2y$ و $v = 2x^3 + 1$. به ترتیب تابع جریان و تابع پتانسیل کدام مورد است؟

$$(۱) -2xy^3x + x + c \text{ و } -2x^3 + y + c \quad (۲) \frac{1}{4}y^3x + x + d$$

$$(۳) 2x^3y + y + c \text{ و } -\frac{1}{4}x^4 - x + d \quad (۴) 2x^3y + y + c \text{ و } -\frac{1}{4}x^4 - x + d$$

۴۹- کدام گزینه در خصوص جریان رابلی درست است؟

(۱) در جریان مادون صوت، عملیات گرمایش کانال منجر به کاهش سرعت می شود.

(۲) در جریان مافوق صوت، عملیات گرمایش کانال منجر به افزایش سرعت می شود.

(۳) در جریان مادون صوت، عملیات گرمایش کانال منجر به افزایش سرعت می شود.

(۴) در جریان مافوق صوت، عملیات سرمایش کانال منجر به کاهش سرعت می شود.

۵۰- لوله ای به قطر d و طول l را در نظر بگیرید. با جایگزینی این لوله با دو لوله ای که به صورت سری و به قطرهای d و $2d$ می باشد، توانستیم دبی جریان را به میزان ۵۰ درصد افزایش دهیم. طول این لوله ها با فرض مساوی بودن چقدر باید باشند؟ (مقدار ضریب اصطکاک را ثابت در نظر بگیرید.)

$$(۱) l$$

$$(۲) 0.43l$$

$$(۳) 1.5l$$

$$(۴) 2.25l$$

۵۱- در جریان آرام درون لوله، اگر افت فشار ۳ برابر و قطر لوله $\frac{1}{3}$ شود. ضریب اصطکاک فنینگ چقدر می شود؟

$$(۱) 3$$

$$(۲) 6$$

$$(۳) 9$$

$$(۴) 27$$

۵۲- در یک لوله افقی، جریان آرام آب برقرار است. افت فشار در این حالت به ازای هر ۱۰۰ متر، برابر با ۵۰۰۰ پاسکال می باشد.

نرخ برش در فاصله ۲ سانتی متری از مرکز لوله بر حسب S^{-1} چقدر است؟ (ویسکوزیته آب را $10^{-1} \frac{N \cdot s}{m^2}$ در نظر بگیرید.)

$$(۱) 100$$

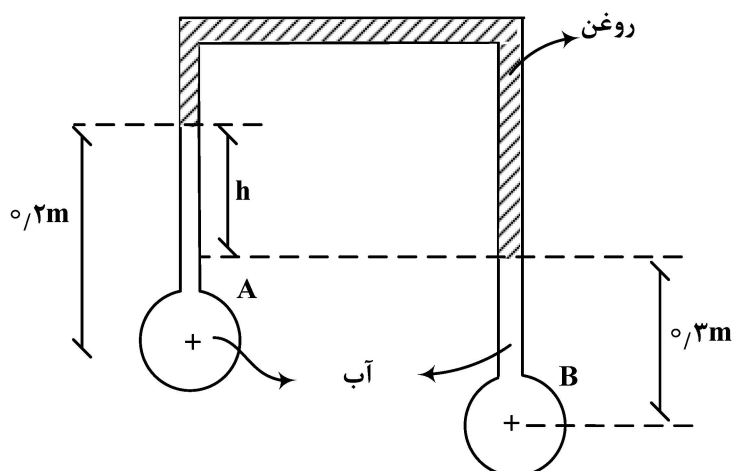
$$(۲) 200$$

$$(۳) 500$$

$$(۴) 1000$$

۵۳- در شکل زیر، یک مانومتر U شکل وارونه شامل روغن (S.G = ۰/۸) و آب می‌باشد. اگر اختلاف فشار بین نقاط A و B برابر با -۵ kPa باشد، آنگاه عددی که مانومتر می‌خواند (h) چند سانتی‌متر است؟

$$(g = ۱۰ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \rho_{\text{H}_2\text{O}} = ۱۰۰۰ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$



(۱) ۵۰۰

(۲) ۵۰

(۳) ۵

(۴) ۰/۵

۵۴- در امتداد محور مرکزی یک لوله زیر، سرعت جریان سیال ویسکوز برابر با $۲ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. عدد رینولدز در این حالت برابر با ۱۲۵۰ می‌باشد. قطر لوله ۴ cm است. دبی جریان عبوری چند مترمکعب بر ثانیه است؟ (فرض کنید که $\pi = ۳$ باشد).

(۱) $۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$

(۲) $۱/۶ \times ۱۰^{-۳}$

(۳) $۳/۲ \times ۱۰^{-۳}$

(۴) ۴×۱۰^{-۳}

۵۵- وزن کاتالیست‌های جامد یک راکتور بستر ثابت ۱۰۰۰ kg می‌باشد. چگالی کاتالیست $۱۵۰۰ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ بوده و سطح مقطع و طول برج به ترتیب ۱ m^2 و ۲ m می‌باشد. با افزایش دبی جریان گاز ورودی، تخلخل بستر به اندازه ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. در این حالت، طول بستر (L) چند درصد افزایش خواهد یافت؟ (تخلخل اولیه بستر را ۰/۴ در نظر بگیرید).

(۱) ۱۵

(۲) ۲۰

(۳) ۲۵

(۴) ۴۰

۵۶- با استفاده از معادله $dh = Tds + Vdp$ و رابطه ماکسول $(\frac{\partial S}{\partial P})_T = -(\frac{\partial V}{\partial T})_P$ ، کدام کمیت، تأثیر فشار تحت دمای ثابت بر روی C_p یک گاز است؟

$$T^2 (\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_T \quad (۱) \quad -\frac{1}{T} (\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_T \quad (۲)$$

$$-T (\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_V \quad (۳) \quad -T (\frac{\partial^2 V}{\partial T^2})_P \quad (۴)$$

- ۵۷- یک محلول مایع ایده آل (Ideal Liquid Solution) در 30°C متشکل از 2 kmol جزء A ($P_A^{\text{sat}} = 4\text{ kPa}$) و 6 kmol جزء B ($P_B^{\text{sat}} = 50\text{ kPa}$) می باشد. فشار اشباع P^{sat} محلول در آن دما برحسب kPa چقدر است؟

(۱) ۹۰

(۲) ۴۷/۵

(۳) ۴۵/۸

(۴) ۴۲/۹

- ۵۸- یک مخزن صلب بزرگ سرباز در یک واحد صنعتی تهیه سوخت حاوی 5000 kg مخلوط مایع نفتی با

$C_p = 1/4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$ است. برای اختلاط هرچه بهتر این مخلوط، یک بهمن زن 20 کیلوواتی در داخل مخزن به مدت 20

دقیقه کار می کند که طی این عمل دمای مخلوط از 22°C به 27°C افزایش می یابد. کدام گزینه درست است؟

(۱) 13000 kJ گرما از سیستم دفع می شود. (۲) 48000 kJ از انرژی سیستم کاسته می شود.

(۳) 83000 kJ گرما به سیستم وارد می شود. (۴) 35000 kJ کار بر روی سیستم انجام می شود.

- ۵۹- برای یک گاز واقعی با معادله حالت $\frac{a}{V^2} \frac{RT}{V-b} - P = 0$ تغییر انرژی داخلی برحسب حجم در دمای ثابت کدام است؟

(۱) $\frac{RT}{V-b}$ (۲) $\frac{R}{V-b}$ (۳) $\frac{2a}{V^2}$ (۴) $\frac{a}{V^2}$

- ۶۰- یک موتور حرارتی بین دو مخزن حرارتی در دمای 500 و 300 کلوین کار می کند. اگر موتور 1000 ژول گرما از

مخزن گرم جذب کند، حداقل گرمایی که باید مخزن سرد دفع کند، چند J است؟

(۱) صفر (۲) 200 (۳) 600 (۴) 1000

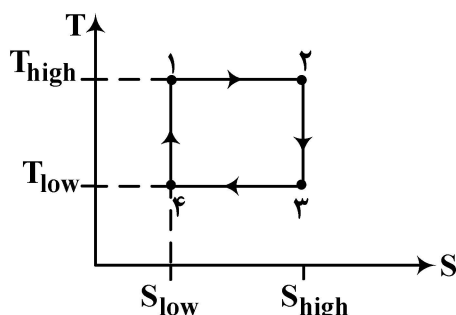
- ۶۱- با توجه به نمودار $T-S$ سیکل کارنو زیر، کدام فرآیند نشان دهنده «دفع گرمای همدمای برگشت پذیر» است؟

(۱) $1 \rightarrow 2$

(۲) $2 \rightarrow 3$

(۳) $3 \rightarrow 4$

(۴) $4 \rightarrow 1$



- ۶۲- بخار آب در 3 bar و 200°C با سرعت $50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ وارد نازل می شود و تا 1 bar منبسط می شود. اگر سرعت

خروجی $400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و آنتالپی ویژه ورودی $2865 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ باشد، آنتالپی ویژه خروجی چند $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ است؟

(۱) 2605

(۲) 2705

(۳) 2750

(۴) 2800

۶۳- بخار آب با دبی $5 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ و آنتالپی ورودی $3200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ و آنتالپی ویژه خروجی $2500 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ از توربین عبور می‌کند.

اگر تلفات حرارتی 100 kW باشد، توان خروجی توربین چند مگاوات است؟

(۱) ۳/۴

(۲) ۳/۵

(۳) ۳/۶

(۴) ۳/۹

۶۴- گاز نیتروژن با $\frac{C_p}{C_v} = 1/4$ و حجم 0.1 m^3 در یک فرآیند پلی‌تروپیک با $n = 1/2$ به حجم 0.2 m^3 می‌رسد. کدام

گزینه اطلاعات درستی از این فرایند ارائه می‌دهد؟

(۱) $\Delta T > 0$ ، $Q < 0$ ، $C_n > 0$ ، $W < 0$ ، $\Delta U > 0$

(۲) $\Delta T < 0$ ، $Q < 0$ ، $C_n > 0$ ، $W > 0$ ، $\Delta U < 0$

(۳) علامت ΔU ، قابل تشخیص نیست. $\Delta T < 0$ ، $Q < 0$ ، $C_n > 0$ ، $W > 0$

(۴) علامت ΔU ، قابل تشخیص نیست. $\Delta T > 0$ ، $Q > 0$ ، $C_n < 0$ ، $W > 0$

۶۵- مقدار معینی از گاز ایده‌آل به حجم معین را می‌توان به سه شیوه به نصف حجم اولیه آن متراکم کرد. اگر فشار

اولیه در هر سه فرایند مشابه باشد، مقایسه کار مصرفی در کدام گزینه درست است؟

(A) فرایند برگشت پذیر هم‌دما

(B) فرایند آدیاباتیک برگشتی با $\gamma = 1/5$

(C) فرایند پلی‌تروپیک با نمای $n = 2$

(۲) $C = A > B$

(۱) $A < B < C$

(۴) $A > B < C$

(۳) $C = A < B$

متالورژی فیزیکی و مکانیکی:

۶۶- در کدام درصد کربن از نمودار فاز Fe-C ، مقدار پرلیت ۱۰۰٪ است؟

(۲) ۰/۶

(۱) ۰/۳

(۴) ۰/۸

(۳) ۰/۷

۶۷- کدام عناصر در پراکندگی و شکل گرافیت در چدن، بیشترین نقش را دارند؟

(۴) P و C

(۳) P و S

(۲) S و Mn

(۱) Si و Mg

۶۸- چرا با افزایش میزان Zn ، خواص مکانیکی برنج کاهش می‌یابد؟

(۱) در برنز فسفوری اتفاق می‌افتد.

(۲) در برنز آلومینیومی اتفاق می‌افتد.

(۳) از قوانین هیوم روتری Hume Rothery پیروی نمی‌کند.

(۴) از قوانین هیوم روتری Hume Rothery پیروی می‌کند.

۶۹- عملیات زینتر نمودن Zintring متعلق به کدام روش تولید است؟

(۲) جوش زیر پودری

(۱) ریخته‌گری گریز از مرکزی

(۴) پودر

(۳) اگستروژن

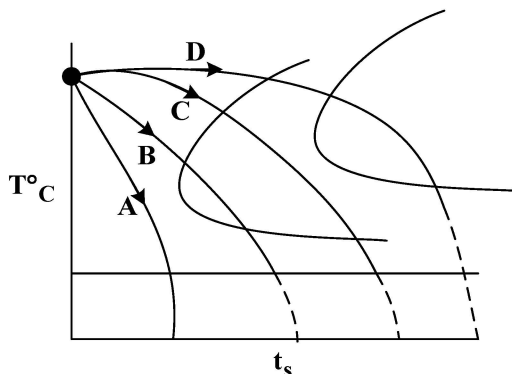
۷۰- کدام پدیده در افزایش خواص مکانیکی نقش ندارد؟

(۱) تشکیل ناحیه منظم ordered

(۲) تنش زدایی Strain Relief

(۳) تشکیل ذرات ppt

۷۱- کدام منحنی، مستقیم به فاز مارتنزیت ختم می شود؟



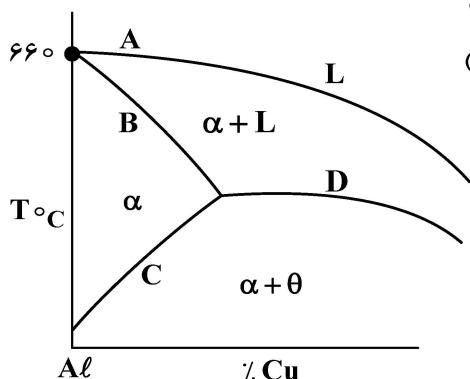
A (۱)

B (۲)

C (۳)

D (۴)

۷۲- تشکیل ppt θ در آلیاژ Al-۴% Cu در کدام مرحله اتفاق می افتد؟



(۱) به هنگام گذر از بالا به پایین منحنی سلیدوس Solidus (منحنی B)

(۲) گرم نمودن مجدد به بالای منحنی سلووس Solvus (منحنی C)

(۳) گرم نمودن مجدد زیر منحنی سلووس Solvus (منحنی C)

(۴) به هنگام گذر به بالای منحنی سلیدوس Solidus (منحنی B)

۷۳- در پدیده تبلور مجدد به هنگام نورد گرم (ترمو مکانیکال)، کدام پارامتر تأثیری در فرایند ندارد؟

(۱) دمای ورق

(۲) قطر غلتکها

(۳) اندازه دانه بندی

(۴) بار وارده توسط غلتک

۷۴- کدام گزینه باعث افزایش تشکیل مارتنزیت در فولاد کربنی آبدیده می شود؟

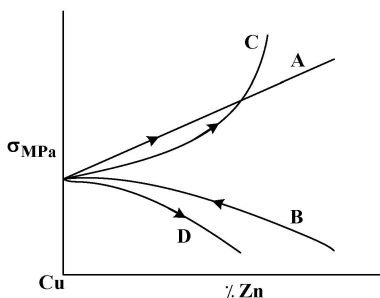
(۱) افزایش سولفور

(۲) کاهش کربن

(۳) افزایش کربن

(۴) کاهش سولفور

۷۵- استحکام کششی مس، چگونه با افزودن Zn افزایش می یابد؟



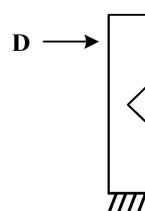
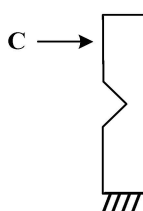
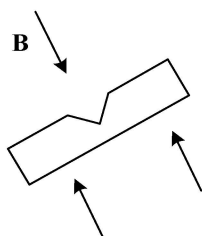
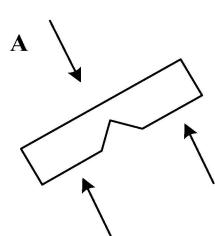
A (۱)

B (۲)

C (۳)

D (۴)

۷۶- کدام طرز قرار گرفتن قطعه در آزمون ضربه، متعلق به روش آیزود Izod است؟



A (۱)

B (۲)

C (۳)

D (۴)

۷۷- کدام نابه‌جایی، تحت تأثیر پدیده نفوذ صعود می‌کند؟

- (۱) جاگ (۲) شاگلی (۳) پیچی (۴) لبه‌ای (نبشی)

۷۸- در کدام سیستم تداخل، سریدن اتفاق نمی‌افتد؟

- (۱) BCC (۲) HCP (۳) FCC (۴) BCT

۷۹- انرژی کشسانی نابه‌جایی پیچی، معادل کدام فرمول است؟

(۱) $\frac{Gb^2}{4\pi(1-\nu)} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)$

(۲) $\frac{Gb^2}{4\pi} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)$

(۳) $\frac{Gb^2}{4\pi} \ln\left(\frac{r_0}{R}\right)$

(۴) $\frac{Gb^2}{4\pi(1-\nu)} \ln\left(\frac{r_0}{R}\right)$

۸۰- کدام سیستم متراکم، متعلق به FCC است؟

(۱) $(110)[111]$

(۲) $(110)[110]$

(۳) $(111)[111]$

(۴) $(111)[110]$

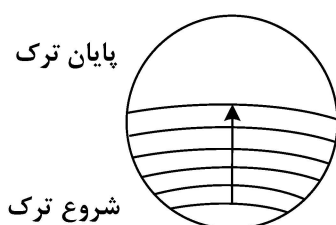
۸۱- عمر خستگی در شکل زیر، چند سیکل N است؟

(۱) $N=1$

(۲) $N=2$

(۳) $N=6$

(۴) $N=7$



۸۲- کدام فرمول انرژی آزمون ضربه شارپی، معادل مقدار چقرمگی فولاد است؟

(۱) $12 C_v$ (۲) $12 (C_v)^{\frac{1}{2}}$

(۳) $(12 C_v)^{\frac{1}{2}}$ (۴) $C_v^{\frac{1}{2}}$

۸۳- کدام فرمول، معادل استحکام کششی σ فلزات است؟

(۱) $\sigma_0 - Kd^{-\frac{1}{2}}$ (۲) $\sigma_0 + Kd^{\frac{1}{2}}$

(۳) $\sigma_0 - Kd^{\frac{1}{2}}$ (۴) $\sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$

۸۴- در آزمون سختی‌سنجی به روش برینل، کدام فرمول معادل استحکام کششی فولاد کربنی است؟

(۱) $3/45 \times HB$ (۲) $4/35 \times HB$

(۳) $43/5 \times HB$ (۴) $34/5 \times HB$

- ۸۵- جهت مطالعه سطح شکست قطعات فلزی از کدام نوع میکروسکوپ استفاده می‌شود؟
 (۱) گذرا (۲) نوری (۳) روبشی (۴) اوزه

الکتروشیمی و خوردگی:

- ۸۶- کدام نوع از خوردگی‌ها، در چدن خاکستری اتفاق می‌افتد؟
 (۱) اگسفلوایسیون (۲) روی زدایی (۳) گالوانیک (۴) گرافیتیک
- ۸۷- کدام فولاد، بیشترین تخریب هیدروژنی را دارد؟
 (۱) فولاد کربن (۲) فولاد زنگ نزن دوپلاکس (۳) فولاد زنگ نزن آستینیتی (۴) فولاد رسوب سختی شده ppt
- ۸۸- برای کاهش تخریب SCC فولاد زنگ نزن فریتی، کدام اقدام مؤثرتر است؟
 (۱) رنگ آمیزی (۲) حفاظت کاتدی (۳) افزودن ۰.۲٪ Mo (۴) افزودن ۰.۲٪ Cr بیشتر
- ۸۹- کدام عنصر، مقاومت به خوردگی چدن را به شدت افزایش می‌دهد؟
 (۱) Mn (۲) Si (۳) Ce (۴) C
- ۹۰- کائیتاسیون در چه شرایطی اتفاق می‌افتد؟
 (۱) فشار، معادل با فشار اتمسفر باشد. (۲) زمانی که سیال به فشار بخار خود می‌رسد. (۳) فشار حسگر، بالای ۱۰ اتمسفر باشد. (۴) فشار حسگر، بالای ۵ اتمسفر باشد.
- ۹۱- کدام نوع پلاریزاسیون، بیشترین تأثیر را بر خوردگی شیار دارد؟
 (۱) غلظتی (۲) مقاومتی (۳) فعال (۴) مختلط
- ۹۲- ترک مرز دانه‌ای در خوردگی تنشی فولاد زنگ نزن آستینیتی بتا، به کدام دلیل است؟
 (۱) حساس شدن HAZ (۲) تشکیل فاز α' (۳) تنش‌های پسماند (۴) جوشکاری نادرست
- ۹۳- با افزایش دامنه تنش در خوردگی خستگی چه اتفاقی می‌افتد؟
 (۱) ترک خستگی از پیشروی باز می‌ایستد. (۲) عمر قطعه افزایش می‌یابد. (۳) عمر قطعه کاهش می‌یابد. (۴) تأثیری دیده نمی‌شود.
- ۹۴- اگر پتانسیل نصف پیل $\frac{Fe}{Fe^{2+}} = -0.8V$ و نصف پیل $\frac{Zn}{Zn^{2+}} = -0.4V$ باشد، پتانسیل پیل گالوانیک طبق قانون دانیال چند ولت است؟
 (۱) -0.4 (۲) -0.8 (۳) -0.12 (۴) $+0.12$
- ۹۵- در کدام وضعیت، احتمال خوردگی حفره‌ای ضعیف است؟
 (۱) آلومینیم در آب دریا (۲) فولاد زنگ نزن در محیط دریا (۳) آلومینیم در فضای باز اتمسفر (۴) فولاد کربنی در دل خاک مرطوب

۹۶- اگر $a_{\text{oxidation}}$ معادل $0.1M$ و $a_{\text{reduction}}$ معادل $1M$ باشد و $Z = 2$ و $E_o = -0.44$ باشد، اندازه E در دمای اتاق $23^\circ C$ در صورتی که $R = 8.314$ است، چقدر است؟ $(\log 0.1 = -1)$

$$(1) +0.4105$$

$$(2) +0.4695$$

$$(3) -0.4695$$

$$(4) -0.4105$$

۹۷- چرا نمودار تافلی کاتدی تندتر از نمودار آندی آن است؟

(۱) B_a بزرگتر از B_c است.

(۲) B_c بزرگتر از B_a است.

(۳) کاتد دو برابر آند است.

(۴) $B_a = B_c$.

۹۸- FeS چه رنگی است؟

(۱) سبز

(۲) سیاه

(۳) آبی

(۴) سفید

۹۹- پتانسیل آهن در جدول emf ، $0.44V$ - است. کدام فلز با پتانسیل قید شده زیر برای حفاظت کاتدی آهن مناسب است؟

$$(1) Z_n = -0.76$$

$$(2) Pb = -0.13$$

$$(3) Cu = +0.34$$

$$(4) Ag = +0.8$$

۱۰۰- کدام عنصر در رنگ بدنه کشتی از چسبیده شدن جلبک‌ها جلوگیری می‌کند؟

(۱) Zn

(۲) Ag

(۳) Cd

(۴) Cu

۱۰۱- کدام محصول خوردگی بر روی فولاد، باعث تشدید فرآیند خوردگی می‌شود؟

(۱) Fe_3O_4

(۲) $FeCO_3$

(۳) FeS

(۴) $CaCO_3$

۱۰۲- شروع رشدونمو باکتری SRB ، از چه مقطعی است؟

(۱) تغذیه به وسیله CO_2

(۲) تشکیل لایه بیوفیلم

(۳) تولید H_2SO_4

(۴) تولید H_2S

۱۰۳- جهت مقابله با کاویتاسیون در پمپ گریز از مرکزی، کدام راهکار مناسب‌ترین است؟

(۱) افزایش $NPSH$

(۲) کاهش $NPSH$

(۳) افزایش سرعت سیال

(۴) کوچک کردن ورودی پمپ

۱۰۴- چند ساعت طول می‌کشد تا $1/5$ مول آلومینیم از Al_2O_3 مذاب با جریان 10 آمپر تولید شود؟

$$Al \text{ جرم مولی} = 27 \frac{g}{mol}, F = 96500 \frac{C}{mole'}$$

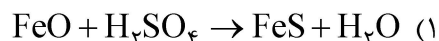
$$(1) 48/30$$

$$(2) 36/23$$

$$(3) 24/15$$

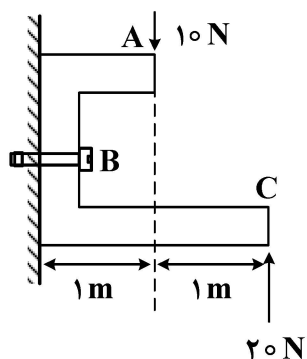
$$(4) 12/06$$

۱۰۵- کدام واکنش اسید سولفوریک با اکسید آهن انجام شدنی است؟

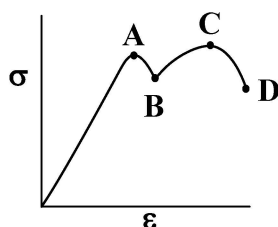


مقاومت مصالح و تست‌های غیرمخرب:

۱۰۶- در شکل زیر، بیشترین گشتاور در نقطه B چند Nm است؟

(۱) $+3 \circ$ (۲) $+5 \circ$ (۳) $-3 \circ$ (۴) $-5 \circ$

۱۰۷- در آزمون کشش فولاد کربنی، کدام نقطه شروع گلوگاهی شدن است؟



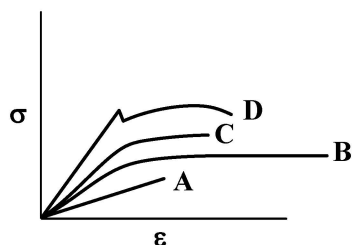
(۱) A

(۲) B

(۳) C

(۴) D

۱۰۸- کدام نمودار، متعلق به آزمون کشش شیشه است؟



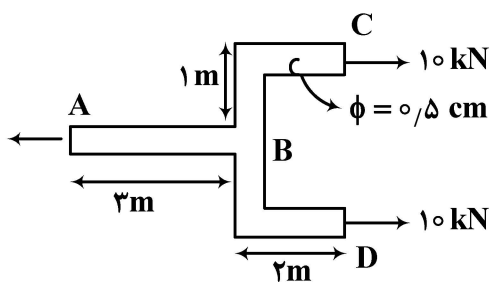
(۱) A

(۲) B

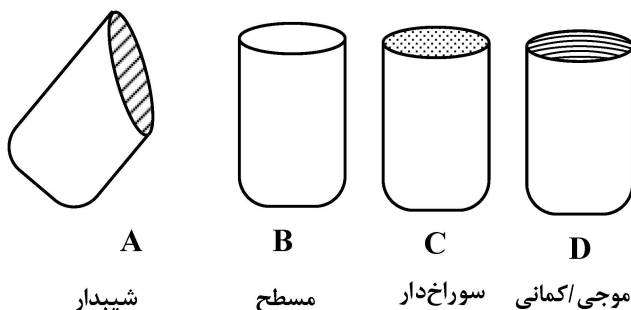
(۳) C

(۴) D

۱۰۹- میزان تنش کششی در AB، چند MPa است؟ ($\pi = 3$)

(۱) $666 \circ$ (۲) $10666 \circ$ (۳) $666 \circ$ (۴) $1066 \circ$

۱۱۰- در پیچش شافن دوار، کدام سطح شکست متعلق به فلز ترد است؟



(۱) A

(۲) B

(۳) C

(۴) D

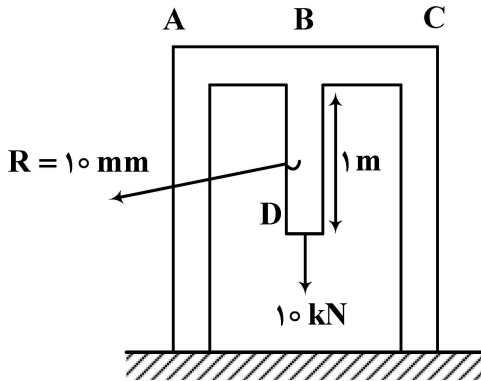
شیب‌دار

مسطح

سوراخ‌دار

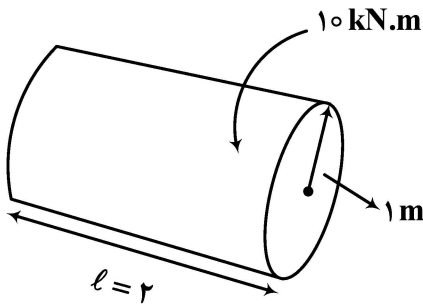
موجی/کمانی

۱۱۱- میزان تغییر طولی در BD، چند میلی‌متر است؟ (برای فولاد $E = ۲۰۰ \text{ GPa}$ و $\pi = ۳$)



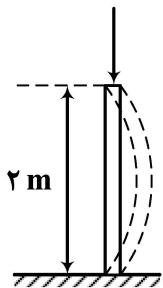
- (۱) ۰/۰۱۶۶
- (۲) ۰/۱۶۶
- (۳) ۱/۶۶
- (۴) ۱۶/۶۶

۱۱۲- در محور زیر، زاویه پیچش، چند Rad است؟ ($\pi = ۳$ ، $G = ۷۰ \text{ GPa}$)



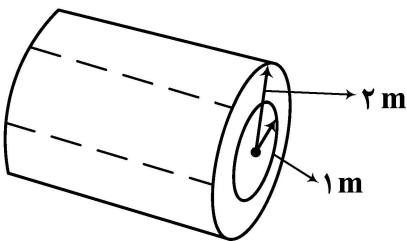
- (۱) $۱/۹ \times ۱۰^{-۶}$
- (۲) $۰/۱۹ \times ۱۰^{-۶}$
- (۳) ۱/۹
- (۴) ۰/۱۹

۱۱۳- نیروی لازم برای کمانه شدن میله با طول ۲ m، $E = ۲۰ \text{ GPa}$ ، $I = ۲ \times ۱۰^{-۶} \text{ m}^4$ ، چقدر است؟ ($\pi = ۳$)



- (۱) ۳۰۰ kN
- (۲) ۶۰۰ kN
- (۳) ۳۰۰ N
- (۴) ۶۰۰ N

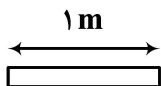
۱۱۴- اگر $\tau = ۳۰ \text{ MPa}$ باشد، مقدار T چند Nm است؟ ($\pi = ۳$)



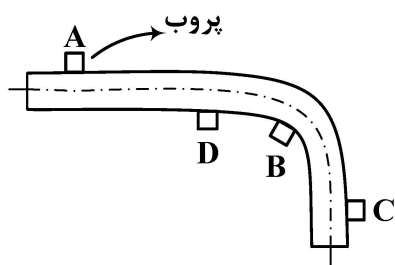
- (۱) $۲۲/۵ \times ۱۰^۳$
- (۲) $۲۲/۵ \times ۱۰^۶$
- (۳) $۳۳۷/۵ \times ۱۰^۳$
- (۴) $۳۳۷/۵ \times ۱۰^۶$

۱۱۵- اگر دما از ۵۰°C به ۲۵°C کاهش یابد، تغییر طول چند mm است؟

($E = ۲۰ \text{ GPa}$ ، $\alpha = ۱۰ \times ۱۰^{-۶} \text{ C}^{-1}$)



- (۱) +۲/۵
- (۲) +۲۵
- (۳) -۲/۵
- (۴) -۲۵



۱۱۶- در آزمون UT، کدام نقطه بیشترین نویز را دارد؟

- (۱) A
(۲) B
(۳) C
(۴) D

۱۱۷- کدام روش بازرسی عمقی برای لوله فولادی با ضخامت ۱۰ mm و ضخامت اکسید فلزی سطحی ۱ mm مناسب است؟

- (۱) UT
(۲) مغناطیسه
(۳) پرتونگاری
(۴) رنگ نافذ (به شرط Sand Blast)

۱۱۸- کدام اشعه، کوتاه‌ترین طول موج را دارد؟

- (۱) ماورای بنفش
(۲) مادون قرمز
(۳) γ
(۴) χ

۱۱۹- سرعت صوت در کدام فلز سریع‌ترین است؟

- (۱) Al
(۲) Cu
(۳) Ni
(۴) فولاد زنگ‌نزن

۱۲۰- در دستگاه هیدروژن‌یاب مکانیکی، مقدار حجم هیدروژن بحرانی از چه میزان نباید بیشتر شود؟ ($\text{cm}^3 / \text{cm}^2 / \text{day}$)

- (۱) ۰/۰۲۵
(۲) ۰/۲۵
(۳) ۲/۵
(۴) ۲۵

۱۲۱- برای تشخیص ترک‌های ریز در مواد عایق با استفاده از میدان الکترومغناطیس، از کدام ذرات باردار الکتریکی استفاده می‌شود؟

- (۱) MgO
(۲) CuO
(۳) Fe_2O_3
(۴) CaCO_3

۱۲۲- کدام روش، جزو آزمون‌های غیرمخرب محسوب نمی‌شود؟

- (۱) جدایش کاتدی
(۲) نفوذ گاز کریپتون
(۳) بروسکوپ
(۴) هولوگرافی

۱۲۳- شدت اشعه X نفوذیافته، با کدام فرمول تعیین می‌شود؟

- (۱) $\frac{1}{I_0} \exp(-\mu x)$
(۲) $I_0 \exp(-\frac{x}{\mu})$
(۳) $I_0 \exp(-\mu x)$
(۴) $\frac{1}{I_0} \exp(-\frac{x}{\mu})$

۱۲۴- طول منطقه نزدیک در UT با کدام فرمول محاسبه می‌شود؟

- (۱) $\frac{2d}{\lambda}$
(۲) $\frac{d^2}{4\lambda}$
(۳) $\frac{d^2}{\lambda}$
(۴) $\frac{d}{4\lambda}$

۱۲۵- حساسیت منطقه دور با چه نسبتی از فاصله از بلور، تغییر می‌یابد؟

- (۱) با نسبت برابر فاصله از بلور، کاهش می‌یابد.
(۲) با نسبت برابر فاصله از بلور، افزایش می‌یابد.
(۳) با مربع فاصله از بلور، افزایش می‌یابد.
(۴) با مربع فاصله از بلور، کاهش می‌یابد.

