۱ اگر $f'(۳)=f(۳)=۲$ و $g'(۲)=۴$، مقدار $(gof)'(۳)$ کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) ۲ ۳) ۶ ۴) ۸

پاسخ: گزینه ۴ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۲۰۴)

پاسخ تشریحی:

$$(gof)'(۳)=f'(۳)g'\big(f(۳)\big)=۲g'(۲)=۲\times۴=۸$$

۲ اگر $f(x)=۲x\sqrt{x+۲}$، مقدار $f''(۲)$ کدام است؟

۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۵}{۴}$ ۳) $\frac{۷}{۸}$ ۴) $\frac{۹}{۸}$

پاسخ: گزینه ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

پاسخ تشریحی:

تابع مشتق دوم تابع f را حساب می‌کنیم.

$$f'(x)=۲\sqrt{x+۲}+\frac{۲x}{۲\sqrt{x+۲}}$$

$$f''(x)=\frac{۲}{۲\sqrt{x+۲}}+\frac{\sqrt{x+۲}-\frac{x}{۲\sqrt{x+۲}}}{x+۲}$$

بنابراین:

$$f''(۲)=\frac{۱}{۲}+\frac{۲-\frac{۲}{۲\times۲}}{۲+۲}=\frac{۷}{۸}$$

۳ اگر $f(x)=x^۲[-x]-۴x$ کدام‌یک درست است؟

۱) $f'_+(۲)=-۱۶$ و $f'_-(۲)=-۱۲$ ۲) $f'_+(۲)=-۱۲$ و $f'_-(۲)=-۱۶$

۳) $f'_+(۲)=-۱۶$ و $f'_-(۲)$ وجود ندارد. ۴) $f'_+(۲)$ وجود ندارد و $f'_-(۲)=-۱۲$

پاسخ: گزینه ۴ (متوسط ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

این شما و این هم «تعریف مشتق راست و چپ»:

مشتق راست و چپ تابع f در $x=a$ را با $f'_+(a)$ و $f'_-(a)$ نمایش می‌دهیم و آن را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$f'_+(a)=\lim_{x\to a^+}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}=\lim_{h\to ۰^+}\frac{f(a+h)-f(a)}{h}$$

$$f'_-(a)=\lim_{x\to a^-}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}=\lim_{h\to ۰^-}\frac{f(a+h)-f(a)}{h}$$

پاسخ تشریحی:

توجه کنید که:

$$f(۲)=۴[-۲]-۴\times۲=-۱۶$$

$$\lim_{x\to ۲^+}f(x)=\lim_{x\to ۲^+}(-۳x^۲-۴x)=-۳\times۴-۴\times۲=-۲۰$$

$$\lim_{x\to ۲^-}f(x)=\lim_{x\to ۲^-}(-۲x^۲-۴x)=-۲\times۴-۴\times۲=-۱۶$$

بنابراین تابع f در $x=۲$ پیوستگی چپ دارد ولی پیوستگی راست ندارد. در نتیجه در این نقطه مشتق راست هم ندارد. از طرف دیگر:

$$x\to ۲^-\Rightarrow f(x)=-۲x^۲-۴x\Rightarrow f'(x)=-۴x-۴\Rightarrow f'_-(۲)=-۱۲$$

۴ دو خط افقی بر نمودار تابع $f(x)=\sqrt[3]{x+1}+\frac{1}{x+1}$ مماس‌اند. فاصلهٔ این دو خط از یکدیگر کدام است؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۳ (متوسط ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

نکته‌ای در باب «مماس افقی»:
اگر تابع $f(x)$ در نقطهٔ $x=a$ دارای مماس افقی باشد، یعنی $f'(a)=0$ است.

پاسخ تشریحی:

توجه کنید که:

$$f'(x)=\frac{3}{3\sqrt[3]{(x+1)^2}}-\frac{1}{(x+1)^2}$$

$$f'(x)=0\Rightarrow \sqrt[3]{(x+1)^2}=(x+1)^2\Rightarrow (x+1)^2=(x+1)^6$$

$$\xrightarrow{x\neq -1}(x+1)^4=1\Rightarrow \begin{cases} x+1=1\Rightarrow x=0 \\ x+1=-1\Rightarrow x=-2 \end{cases}$$

بنابراین در نقاط $x=0$ و $x=-2$ خطوط مماس بر نمودار تابع f، افقی هستند.
معادلهٔ این خطوط به صورت زیر است:

$$y=f(0)=3+1=4$$

$$y=f(-2)=-3-1=-4$$

پس فاصلهٔ این خط‌ها از یکدیگر برابر ۸ است.

۵ اگر $f(x)=\begin{cases} ax^2+\frac{b}{x} & x\geq 2 \\ x^2-ax+c & x<2 \end{cases}$ و $f'(2)=3$، مقدار c کدام است؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۴ ۳) ۲۴ ۴) ۳۶

پاسخ: گزینه ۳ (متوسط ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

پاسخ تشریحی:

تابع f در نقطهٔ $x=2$ مشتق‌پذیر است. پس در این نقطه پیوسته است، بنابراین:

$$\begin{cases} f(2)=\lim\limits_{x\to 2^+}f(x)=\lim\limits_{x\to 2^+}(ax^3+\frac{b}{x})=8a+\frac{b}{2} \\ \lim\limits_{x\to 2^-}f(x)=\lim\limits_{x\to 2^-}(x^2-ax+c)=4-2a+c \end{cases}$$

$$\Rightarrow 8a+\frac{b}{2}=4-2a+c\Rightarrow 20a+b=8+2c\ (1)$$

از طرف دیگر، مشتق چپ و مشتق راست تابع f در $x=2$ با هم برابرند. پس:

$$x\geq 2\Rightarrow f'(x)=3ax^2-\frac{b}{x^2}\Rightarrow f'_+(2)=12a-\frac{b}{4}$$

$$x\leq 2\Rightarrow f'(x)=2x-a\Rightarrow f'_-(2)=4-a$$

$$\Rightarrow 12a-\frac{b}{4}=4-a\Rightarrow 48a-b=16-4a\Rightarrow 52a-b=16\ (2)$$

همچنین مشتق تابع f در $x=2$ برابر ۳ است. پس:

$$f'(2)=4-a=3\Rightarrow a=1$$

بنابراین از (۲) نتیجه می‌شود:

$$52-b=16\Rightarrow b=36$$

و از (۱) نتیجه می‌شود:

$$20+36=8+2c\Rightarrow c=24$$

۶ اگر $f(x)=\frac{۲x^۲-۳x+۱}{x^۲+۳x+۱}$ و $g(x)=\frac{۲x^۲+۶x+۲}{x^۲-۳x+۲}$ و $۱۲+f'(a)g(a)=-f(a)g'(a)$، مقدار a کدام است؟

۱) $\pm\frac{۱}{۲}$ ۲) $\pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۳) $۱\pm\sqrt{۲}$ ۴) $۲\pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

پاسخ: گزینه ۴ (متوسط ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

پاسخ تشریحی:

توجه کنید که:

$$۱۲+f'(a)g(a)=-f(a)g'(a)$$
$$f'(a)g(a)+f(a)g'(a)=-۱۲\Rightarrow (f\times g)'(a)=-۱۲$$

از طرف دیگر:

$$(f\times g)(x)=f(x)\times g(x)=\frac{۲x^۲-۳x+۱}{x^۲+۳x+۱}\times\frac{۲x^۲+۶x+۲}{x^۲-۳x+۲}=\frac{(x-۱)(۲x-۱)}{x^۲+۳x+۱}\times\frac{۲(x^۲+۳x+۱)}{(x-۱)(x-۲)}=\frac{۴x-۲}{x-۲}$$
$$\Rightarrow (f\times g)'(x)=\frac{۴(x-۲)-(۴x-۲)}{(x-۲)^۲}=\frac{-۶}{(x-۲)^۲}\Rightarrow (f\times g)'(a)=\frac{-۶}{(a-۲)^۲}$$

بنابراین:

$$\frac{-۶}{(a-۲)^۲}=-۱۲\Rightarrow (a-۲)^۲=\frac{۱}{۲}\Rightarrow a-۲=\pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}\Rightarrow a=۲\pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}$$

۷ اگر $f(x)=\begin{cases}x^۳+۳x & x>۱\\ ۲x^۳+۲x & x\le ۱\end{cases}$، مقدار $\lim\limits_{t\to+\infty} t\left(f(۱-\frac{۱}{t})-۴\right)$ کدام است؟

۱) ۶ ۲) -۶ ۳) ۸ ۴) -۸

پاسخ: گزینه ۴ (سخت ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

نکته‌ای در مورد سوالات گول زنندهٔ حدی:

گاهی اوقات سوالات حدی‌ای که می‌بینید را باید تبدیل به مشتق کنید. مثل همین سوالی که در این جا ذکر شده است. حل حد داده شده یا سخت و یا زمان‌بر است، بنابراین باید آن را با فرمول مشتق حل کنید.

پاسخ تشریحی:

اگر فرض کنیم $h=\frac{-۱}{t}$، آن‌گاه $t=\frac{-۱}{h}$ و $h\to ۰^-$، بنابراین:

$$\lim_{t\to+\infty} t\left(f(۱-\frac{۱}{t})-۴\right)=\lim_{h\to ۰^-}-\frac{۱}{h}\left(f(۱+h)-۴\right)$$
$$=-\lim_{h\to ۰^-}\frac{f(۱+h)-f(۱)}{h}=-f'_-(۱)$$

از طرف دیگر، اگر $x\le ۱$، آن‌گاه:

$$f(x)=۲x^۳+۲x\Rightarrow f'(x)=۶x^۲+۲\Rightarrow f'_-(۱)=۶+۲=۸$$

بنابراین مقدار حد موردنظر برابر -۸ است.

۸ مبدأ مختصات برای تابع $f(x)=\begin{cases}\dfrac{x\sqrt{|x|}}{x-\sqrt{|x|}} & x\neq 0\\ 0 & x=0\end{cases}$ چگونه نقطه‌ای است؟

۱) مشتق‌پذیر ۲) گوشه‌ای ۳) دارای مماس قائم ۴) ناپیوستگی

پاسخ: گزینه ۱ (متوسط ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

یه سری تعریف هم داشته باشیم در مورد «نقاط گوشه و مماس قائم»:

نقطه گوشه‌ای: اگر تابع f در $x=a$ پیوسته باشد { مشتق راست و چپ در $x=a$ هر دو موجود (متناهی) و نابرابر باشند. / مشتق راست و چپ در $x=a$ یکی متناهی و دیگری نامتناهی باشد.

در این صورت، $x=a$ نقطهٔ گوشه‌ای می‌باشد.

نقطه مماس قائم: اگر تابع f در $x=a$ پیوسته باشد و در این نقطه مشتق چپ و راست نامتناهی داشته باشد، در این صورت، خط $x=a$ را مماس قائم بر منحنی در نقطهٔ $(a,f(a))$ می‌نامیم.

پاسخ تشریحی:

توجه کنید که $f(0)=0$ و

$$\lim_{x\to 0^+} f(x)=\lim_{x\to 0^+}\frac{x\sqrt{x}}{x-\sqrt{x}}=\lim_{x\to 0^+}\frac{x\sqrt{x}}{\sqrt{x}(\sqrt{x}-1)}=\lim_{x\to 0^+}\frac{x}{\sqrt{x}-1}=\frac{0}{0-1}=0$$

$$\lim_{x\to 0^-} f(x)=\lim_{x\to 0^-}\frac{x\sqrt{-x}}{x-\sqrt{-x}}=\lim_{x\to 0^-}\frac{x\sqrt{-x}}{-\sqrt{-x}(\sqrt{-x}+1)}=\lim_{x\to 0^-}\frac{x}{-\sqrt{-x}-1}=\frac{0}{0-1}=0$$

بنابراین تابع f در $x=0$ پیوسته است. از طرف دیگر:

$$f'(0)=\lim_{x\to 0}\frac{f(x)-f(0)}{x-0}=\lim_{x\to 0}\frac{\frac{x\sqrt{|x|}}{x-\sqrt{|x|}}}{x}=\lim_{x\to 0}\frac{\sqrt{|x|}}{x-\sqrt{|x|}}$$

$$\left.\begin{aligned} f'_+(0)&=\lim_{x\to 0^+}\frac{\sqrt{x}}{x-\sqrt{x}}=\lim_{x\to 0^+}\frac{1}{\sqrt{x}-1}=-1\\ f'_-(0)&=\lim_{x\to 0^-}\frac{\sqrt{-x}}{x-\sqrt{-x}}=\lim_{x\to 0^-}\frac{1}{-\sqrt{-x}-1}=-1\end{aligned}\right\}\Rightarrow f'(0)=-1$$

بنابراین تابع f در $x=0$ مشتق‌پذیر است.

۹ از تقاطع خطوط مماس بر نمودار تابع $f(x)=\begin{cases}x^۲-۲۶ & x<۱\\ ۱۲\sqrt[۳]{x-۹}-x & x\geq ۱\end{cases}$ در نقاطی به طول ۰ و ۹ روی منحنی و نیم‌مماس‌های رسم شده در نقطه‌ای به طول ۱ واحد روی منحنی، یک چهارضلعی حاصل می‌شود. مساحت این چهارضلعی کدام است؟

۱) $\frac{۳۳}{۲}$ ۲) $\frac{۳۳}{۴}$ ۳) $\frac{۱۶}{۳}$ ۴) $\frac{۳۲}{۲}$

پاسخ: گزینه ۲ (سخت ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۴)

پاسخ تشریحی:

توجه کنید که:

$$f'(x)=\begin{cases}۲x & x<۱\\ \frac{۴}{\sqrt[۳]{(x-۹)^۲}}-۱ & x>۱\end{cases}$$

بنابراین:

$$f'_+(۱)=۰\ ,\ f'_-(۱)=۲\ ,\ f'(۹)=\infty\ ,\ f'(۰)=۰$$

پس معادلهٔ خطوط مماس در نقطهٔ $x=۰$ و $x=۹$ به ترتیب به صورت $y=f(۰)=-۲۶$ و $x=۹$ است. همچنین معادلهٔ نیم‌مماس چپ در $x=۱$ به صورت زیر است:

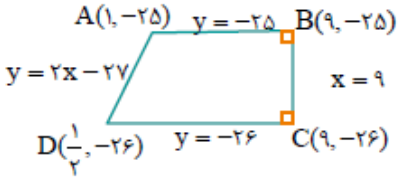
$$y-f(۱)=f'_-(۱)(x-۱)\Rightarrow y+۲۵=۲(x-۱)\Rightarrow y=۲x-۲۷$$

و معادلهٔ نیم‌مماس راست در $x=۱$ به صورت زیر است:

$$y-f(۱)=f'_+(۱)(x-۱)\Rightarrow y+۲۵=۰(x-۱)\Rightarrow y=-۲۵$$

بنابراین چهارضلعی موردنظر به صورت زیر می‌باشد.

مساحت ذوزنقهٔ ABCD برابر است با:



$$\frac{(۸+۸+\frac{۱}{۲})\times ۱}{۲}=\frac{۳۳}{۴}$$

۱۰ تابع $f(x)=\frac{x^۳+ax^۲+bx-۱۶}{۲+\sqrt[۳]{x^۲-۴}}$ روی $\mathbb{R}$ مشتق‌پذیر است. مقدار ab کدام است؟

۱) ۴ ۲) −۸ ۳) ۱۲ ۴) −۱۶

پاسخ: گزینه ۴ (سخت ـ مفهومی/ محاسباتی ـ ۱۲۰۳)

@Azmoniko1

پاسخ تشریحی:

تابع $y=\frac{۱}{۲+\sqrt[۳]{x^۲-۴}}$ در نقاط $x=۲$ و $x=-۲$ مشتق‌ناپذیر است و تابع $y=x^۳+ax^۲+bx-۱۶$ در تمام نقاط، مشتق‌پذیر است. بنابراین تابع $f(x)=(x^۳+ax^۲+bx-۱۶)\frac{۱}{۲+\sqrt[۳]{x^۲-۴}}$ در تمام نقاط بجز $x=۲$ و $x=-۲$ مشتق‌پذیر است.

برای اینکه f در این نقاط مشتق‌پذیر باشد، لازم است که مقدار تابع $y=x^۳+ax^۲+bx-۱۶$ در این نقاط صفر شود:

$$x=۲\Rightarrow ۸+۴a+۲b-۱۶=۰\Rightarrow ۲a+b=۴$$

$$x=-۲\Rightarrow -۸+۴a-۲b-۱۶=۰\Rightarrow ۲a-b=۱۲$$

$$\Rightarrow ۴a=۱۶\Rightarrow a=۴\Rightarrow b=-۴\Rightarrow ab=-۱۶$$

۱۱ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: به‌طور کلی اگر n یک عدد صحیح باشد و $f(x)=x^n$، آنگاه: $f'(x)=nx^{n-1}$

چون f یک چندجمله‌ای است، پس f' هم یک چندجمله‌ای خواهد بود به‌طوری که درجهٔ f' از درجهٔ f یک واحد کمتر است. چون $f'+f$ از درجهٔ ۲ است، f یک چندجمله‌ای درجه ۲ است.

$$f(x)=ax^2+bx+c \Rightarrow f'(x)=2ax+b \quad (*) \Rightarrow f'(x)+f(x)=ax^2+(2a+b)x+b+c$$

با توجه به فرض سؤال، داریم:

$$ax^2+(2a+b)x+b+c=x^2+4x+4 \Rightarrow \begin{cases} a=1 \\ 2a+b=4 \Rightarrow 2+b=4 \Rightarrow b=2 \\ b+c=4 \Rightarrow 2+c=4 \Rightarrow c=2 \end{cases}$$

بنابراین:

$$(*) \Rightarrow f'(x)=2x+2 \Rightarrow f'(4)=10$$

۱۲ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: به‌طور کلی اگر n یک عدد صحیح باشد و $f(x)=x^n$، آنگاه: $f'(x)=nx^{n-1}$

ابتدا ضابطهٔ تابع خطی f و سهمی g را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} (0,8)\in f \\ (4,0)\in f \end{cases} \Rightarrow \text{شیب}=\frac{8-0}{0-4}=-2 \xrightarrow{(0,8)\in f} f(x)=-2x+8$$

$x=0$ و $x=4$ صفرهای سهمی g هستند، پس $x=2$ طول رأس سهمی است و نقطهٔ $(2,8)$ رأس سهمی است. در نتیجه:

$$g(x)=a(x-\alpha)(x-\beta) \Rightarrow g(x)=a(x)(x-4) \xrightarrow{g(2)=8} 8=a(2)(-2) \Rightarrow a=-2$$

$$\Rightarrow g(x)=-2(x)(x-4)=-2x^2+8x$$

اکنون با دو روش می‌توانیم $(fog')'(6)$ را به‌دست آوریم:

راه‌حل اول:

ضابطهٔ $(fog')'$ را به‌دست می‌آوریم:

$$g'(x)=-4x+8 \Rightarrow (fog')(x)=f(-4x+8)=-2(-4x+8)+8 \Rightarrow (fog')(x)=8x-8$$

حالا از fog' مشتق می‌گیریم:

$$(fog')'x=8 \Rightarrow (fog')'(6)=8$$

راه‌حل دوم:

$$(fog')'(6)=g''(6)f(g'(6)) \quad (1)$$

$$g(x)=-2x^2+8x=g'(x)=-4x+8 \Rightarrow g''(x)=-4 \Rightarrow \begin{cases} g'(6)=-16 \\ g''(6)=-4 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{(1)} (fog')'(6)=-4\times f'(-16) \xrightarrow{f'(x)=-2} (fog')'(6)=-4\times -2=8$$

۱۳ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: متوسط ❋ ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: اگر $f(x)=\sqrt[3]{x}$، آنگاه: $f'(x)=\frac{1}{3\sqrt[3]{x^2}}$

نکته: اگر f تابعی برحسب u و u تابعی از x باشد، آنگاه:

$$y=f(u) \Rightarrow y'=u'f'(u)$$

نکته: اگر تابع f در $x=a$ مشتق راست (چپ) داشته باشد، آنگاه f در $x=a$ از راست (چپ) پیوسته است.

تابع f باید در $x=-2$ پیوستگی چپ داشته باشد:

$$\lim_{x\to -2^-} f(x)=(4-2)\sqrt[3]{-6+14}=4 \ , \ f(-2)=4$$

پس تابع f در $x=-2$ از چپ پیوسته است.

در همسایگی چپ $x=-2$ داریم:

$$\begin{cases} x\to -2^- \Rightarrow -2x\to 4^+ \Rightarrow [-2x]=4 \\ x\to -2 \Rightarrow |x|=-x \end{cases} \Rightarrow f(x)=(4+x)\sqrt[3]{3x+14}$$

اکنون f' را به‌دست می‌آوریم:

$$\Rightarrow f'(x)=\sqrt[3]{3x+14}+\frac{3}{3\sqrt[3]{(3x+14)^2}}\times(4+x) \Rightarrow f'_-(-2)=\sqrt[3]{8}+\frac{1}{\sqrt[3]{8^2}}\times 2=2+\frac{1}{2}=\frac{5}{2}$$

۱۴ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: متوسط ❋ ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: شیب خط مماس بر نمودار یک تابع در نقطه‌ای به طول a برابر مشتق آن تابع در a است.

نکته: به‌طور کلی اگر n یک عدد صحیح باشد و $f(x)=x^n$، آنگاه:

$$f'(x)=nx^{n-1}$$

برای محاسبهٔ شیب خط مماس بر تابع f، مشتق آن را به‌دست می‌آوریم:

$$f(x)=-x^3+bx^2-9x-b \Rightarrow f'(x)=-3x^2+2bx-9$$

f' یک تابع درجه دوم با شرط $a<0$ است. پس بیشترین مقدار آن در رأس سهمی با مختصات $S(-\frac{b}{2a}, -\frac{\Delta}{4a})$ رخ می‌دهد، بنابراین:

$$-\frac{\Delta}{4a}=3 \Rightarrow \Delta=-12a \Rightarrow (2b)^2-4(-3)(-9)=-12(-3)$$

$$\Rightarrow 4b^2-108=36 \xrightarrow{\div 4} b^2-27=9$$

$$\Rightarrow b^2=36 \Rightarrow b=\pm 6 \xrightarrow{b>0} b=6$$

اکنون با حل معادلهٔ $f'(x)=0$ طول نقاطی که خط مماس بر منحنی افقی است، یعنی شیب خط مماس برابر صفر است را به‌دست می‌آوریم:

$$f'(x)=-3x^2+12x-9=0 \xrightarrow{\div(-3)} x^2-4x+3=0$$

$$\Rightarrow (x-1)(x-3)=0 \Rightarrow x=1 \ , \ x=3$$

۱۵ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: اگر f و g دو تابع مشتق‌پذیر باشند، در این صورت تابع مرکب fog مشتق‌پذیر است و داریم:

$$(fog)'(x) = g'(x)f'(g(x))$$

چون $\sqrt[6]{3} > 0$، بنابراین $|x| = x$ است و داریم:

$$f(x) = \frac{2}{x^3 + x^3} = \frac{2}{2x^3} = \frac{1}{x^3} \ , \ g(x) = \frac{1}{\sqrt[3]{x} + x} = \frac{1}{\sqrt[3]{2x}}$$

اکنون با توجه به خواستهٔ سؤال، می‌توان نوشت:

$$f'(\sqrt[6]{3})g'(f(\sqrt[6]{3})) = (gof)'(\sqrt[6]{3})$$

پس تابع gof را تشکیل می‌دهیم و از آن مشتق می‌گیریم:

$$(gof)(x) = g(\frac{1}{x^3}) = \frac{1}{\sqrt[3]{\frac{2}{x^3}}} = \frac{1}{\frac{\sqrt[3]{2}}{x}} = \frac{1}{\sqrt[3]{2}}x \Rightarrow (gof)'(x) = \frac{1}{\sqrt[3]{2}} = \frac{\sqrt[3]{4}}{2}$$

دقت کنید: اگر $x \leq 0$، آنگاه توابع f و g تعریف نمی‌شود؛ زیرا:

$$x \leq 0 \Rightarrow |x| = -x \Rightarrow x + |x| = x - x = 0$$

۱۶ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: اگر f تابعی برحسب u و u تابعی از x باشد، آنگاه: $y = f(u) \Rightarrow y' = u'f'(u)$

نکته: تابع f را متناوب می‌نامیم هرگاه یک عدد حقیقی مثبت مانند T موجود باشد به‌طوری که برای هر $x \in D_f$ داشته باشیم $x \pm T \in D_f$ و $f(x \pm T) = f(x)$. کوچک‌ترین عدد مثبت T با این خاصیت را دورهٔ تناوب f می‌نامیم.

دورهٔ تناوب تابع f برابر $T = 3$ و f مشتق‌پذیر است، بنابراین: $f(x \pm T) = f(x) \ , \ f'(x \pm T) = f'(x)$

اکنون مشتق تابع g را به‌دست می‌آوریم:

$$g(x) = f^2(x+2) + f(2x+4) \Rightarrow g'(x) = 2f(x+2)f'(x+2) + 2f'(2x+4) \xrightarrow{x=1} g'(1) = 2f(3)f'(3) + 2f'(24)$$

با توجه به اینکه:

$$T = 3 \Rightarrow \begin{cases} f'(0) = f'(3) = f'(6) = \cdots = f'(24) = 2 \\ f(0) = f(3) = 3 \end{cases}$$

بنابراین:

$$g'(1) = 2 \times 3 \times 2 + 2 \times 2 = 12 + 4 = 52$$

۱۷ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * ریاضی ۳ (درس ۳، فصل ۴)

نکته: آهنگ متوسط تغییر یک تابع را در بازه‌ای مانند $[a, a+h]$ به‌شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$\text{آهنگ متوسط تغییر تابع } f \text{ در بازهٔ } [a, a+h] = \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

نکته: آهنگ تغییر لحظه‌ای تابع f را به‌صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\text{آهنگ لحظه‌ای تغییر تابع } f \text{ در نقطهٔ } x = a = \lim_{h \to 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h} = f'(a)$$

نکته: اگر $f(x) = \sqrt{ax+b}$ و $ax + b > 0$، آنگاه: $f'(x) = \frac{a}{2\sqrt{ax+b}}$.

$$\text{آهنگ متوسط تغییر تابع } f \text{ در بازهٔ } [1,2] = \frac{f(2) - f(1)}{2 - 1} = \frac{(4+1) - (2+2)}{1} = 1$$

$$f(x) = 2x + \sqrt{7 - 3x} \Rightarrow f'(x) = 2 + \frac{-3}{2\sqrt{7-3x}}$$

$$\text{آهنگ لحظه‌ای تغییر تابع } f \text{ در } x = \alpha = f'(\alpha) = 2 + \frac{-3}{2\sqrt{7-3\alpha}}$$

اکنون داریم:

$$2 + \frac{-3}{2\sqrt{7-3\alpha}} = 1 \Rightarrow \frac{3}{2\sqrt{7-3\alpha}} = 1 \Rightarrow 3 = 2\sqrt{7-3\alpha} \xrightarrow{\text{توان ۲}} 9 = 4(7-3\alpha) \Rightarrow 9 = 28 - 12\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{19}{12}$$

پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: دشوار * ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته (قضیه): اگر تابع f در $x=a$ مشتق‌پذیر باشد، آنگاه f در a پیوسته است.

نکته: اگر تابع f در نقطه‌ای به‌طول a مشتق‌پذیر باشد، مشتق چپ و راست تابع در این نقطه موجود و برابر است.

نکته: آهنگ متوسط تغییر یک تابع را در بازه‌ای مانند $[a,a+h]$ به‌شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$\text{آهنگ متوسط تغییر تابع f در بازهٔ } [a,a+h] = \frac{f(a+h)-f(a)}{h}$$

تابع $y=\sqrt[3]{x-2}$ در $x=2$ مماس قائم دارد و مشتق‌پذیر نیست ولی دامنهٔ ضابطهٔ اول، $x<1$ است و شامل $x=2$ نمی‌شود. پس باید تابع f در نقطهٔ مرزی $x=1$، پیوسته و مشتق‌پذیر باشد.

پیوستگی در نقطهٔ $x=1$:

$$\begin{cases} \lim\limits_{x\to 1^-} f(x) = \lim\limits_{x\to 1^-} \sqrt[3]{x-2}+b = -1+b \\ f(1) = \lim\limits_{x\to 1^+} f(x) = \lim\limits_{x\to 1^+} ax+2 = a+2 \end{cases} \Rightarrow -1+b=a+2 \Rightarrow a-b=-3 \quad (1)$$

مشتق‌پذیری در $x=1$:

$$f'(x)=\begin{cases} 3\times\dfrac{1}{3\sqrt[3]{(x-2)^2}} & ; x<1 \\ a & ; x\geq 1 \end{cases} \Rightarrow f'_-(1)=1\ ,\ f'_+(1)=a$$

شرط مشتق‌پذیری: $f'_+(1)=f'_-(1) \Rightarrow a=1 \xrightarrow{(1)} 1-b=-3 \Rightarrow b=4$

بنابراین ضابطهٔ f به‌صورت زیر است:

$$f(x)=\begin{cases} \sqrt[3]{x-2}+4 & ; x<1 \\ x+2 & ; x\geq 1 \end{cases}$$

اکنون داریم: $f(-6)=\sqrt[3]{-6-2}+4=2\ ,\ f(2)=4$

بنابراین: $\text{آهنگ متوسط تغییر تابع f در بازهٔ } [-6,2] = \dfrac{f(2)-f(-6)}{2-(-6)} = \dfrac{4-2}{8} = \dfrac{1}{4} = 0/25$

۱۹ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: دشوار * ریاضی ۳ (درس‌های ۱ و ۲، فصل ۴)

نکته: $(\frac{f}{g})'(a)=\frac{f'(a)g(a)-g'(a)f(a)}{(g(a))^{۲}}$

نکته: اگر $f(x)=\sqrt{x}$ و $x>۰$، آنگاه $f'(x)=\frac{۱}{۲\sqrt{x}}$.

نکته: مشتق تابع f در $x=a$ برابر است با:

$$f'(a)=\lim_{x\to a}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}$$

ابتدا $f(۱)$ را به‌دست می‌آوریم:

$$f(x)=\frac{x^{۲}+\sqrt{x}}{-x+۳}\Rightarrow f(۱)=۱$$

پس حد داده‌شده به صورت $\frac{۰}{۰}$ است، در نتیجه صورت و مخرج کسر را در مزدوج صورت و مزدوج مخرج ضرب می‌کنیم:

$$\lim_{x\to ۱}\frac{\sqrt{f(x)}-۱}{\sqrt{x}-۱}\times\frac{\sqrt{f(x)}+۱}{\sqrt{f(x)}+۱}\times\frac{\sqrt{x}+۱}{\sqrt{x}+۱}=\lim_{x\to ۱}\frac{f(x)-۱}{x-۱}\times\lim_{x\to ۱}\frac{\sqrt{x}+۱}{\sqrt{f(x)}+۱}=\underbrace{\lim_{x\to ۱}\frac{f(x)-f(۱)}{x-۱}}_{\text{تعریف مشتق در } x=۱}\times\frac{۲}{۲}=f'(۱)$$

حاصل حد خواسته‌شده همان $f'(۱)$ است، بنابراین:

$$f'(x)=\frac{(۲x+\frac{۱}{۲\sqrt{x}})(-x+۳)-(-۱)(x^{۲}+\sqrt{x})}{(-x+۳)^{۲}}\Rightarrow f'(۱)=\frac{(۲+\frac{۱}{۲})(۲)-(-۱)(۲)}{۴}=\frac{۷}{۴}$$

۲۰ پاسخ: گزینهٔ ۴ ▲ مشخصات سؤال: دشوار * ریاضی ۳ (درس ۲، فصل ۴)

نکته: اگر f تابعی برحسب u و u تابعی از x باشد، آنگاه:

$$y=f(u)\Rightarrow y'=u'f'(u)$$

نکته: اگر $f(x)=\sqrt{ax+b}$ و $ax+b>۰$، آنگاه: $f'(x)=\frac{a}{۲\sqrt{ax+b}}$.

ابتدا دامنهٔ تابع f را تعیین می‌کنیم:

$$-x\geq ۰\Rightarrow x\leq ۰\Rightarrow D_f=(-\infty,۰]$$

بنابراین در این دامنه $|x|=-x$ است و داریم:

$$f(x)=-x+۲\sqrt{-x}$$

اکنون با تشکیل اتحاد مربع دوجمله‌ای، $f^{-۱}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$y=-x+۲\sqrt{-x}+۱-۱=(\sqrt{-x}+۱)^{۲}-۱\Rightarrow y+۱=(\sqrt{-x}+۱)^{۲}\xrightarrow{\text{جذر}}\sqrt{y+۱}=\underbrace{|\sqrt{-x}+۱|}_{+}\Rightarrow\sqrt{y+۱}=\sqrt{-x}+۱$$

$$\Rightarrow\sqrt{-x}=\sqrt{y+۱}-۱\xrightarrow{\text{توان ۲}}-x=(\sqrt{y+۱}-۱)^{۲}\Rightarrow x=-(\sqrt{y+۱}-۱)^{۲}\Rightarrow f^{-۱}(x)=-(\sqrt{x+۱}-۱)^{۲}$$

$$\Rightarrow(f^{-۱}(x))'=-۲(\sqrt{x+۱}-۱)(\frac{۱}{۲\sqrt{x+۱}})\Rightarrow(f^{-۱})'(۳)=-۲(\sqrt{۴}-۱)(\frac{۱}{۲\sqrt{۴}})=-\frac{۱}{۲}$$

۲۱ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

راه‌حل اول:

بسامد زاویه‌ای نوسان را به‌دست می‌آوریم:

$$f=\frac{N}{t} \Rightarrow f=\frac{۵۰۰}{۲/۵\times ۶۰}=\frac{۱۰}{۳}Hz$$

$$\omega=۲\pi f \Rightarrow \omega=۲\pi\times\frac{۱۰}{۳}=\frac{۲۰\pi}{۳}\frac{rad}{s}$$

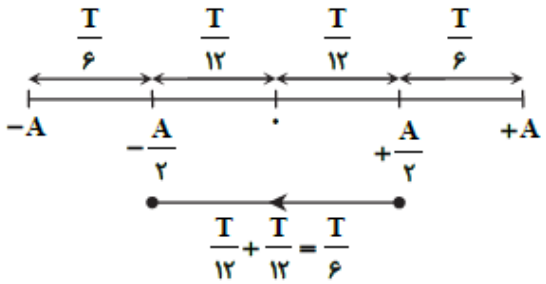
با توجه به معادلهٔ مکان- زمان نوسانگر هماهنگ ساده ($x=ACos\omega t$) داریم:

$$\begin{cases}\frac{A}{۲}=ACos\frac{۲۰\pi}{۳}t_۱\\ -\frac{A}{۲}=ACos\frac{۲۰\pi}{۳}t_۲\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}\frac{۱}{۲}=Cos\frac{۲۰\pi}{۳}t_۱\\ -\frac{۱}{۲}=Cos\frac{۲۰\pi}{۳}t_۲\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}Cos\frac{\pi}{۳}=Cos\frac{۲۰\pi}{۳}t_۱\\ Cos\frac{۲\pi}{۳}=Cos\frac{۲۰\pi}{۳}t_۲\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}t_۱=\frac{۱}{۲۰}s\\ t_۲=\frac{۲}{۲۰}s\end{cases}$$

$$t_۲-t_۱=\frac{۲}{۲۰}-\frac{۱}{۲۰}=\frac{۱}{۲۰}=۰/۰۵s$$

راه‌حل دوم:

با توجه به نمودار زمانی زیر، می‌توان گفت نوسانگر فاصلهٔ $+\frac{A}{۲}$ تا $-\frac{A}{۲}$ را حداقل در مدت $\frac{T}{۶}$ طی می‌کند:



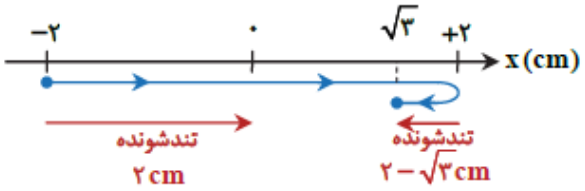
$$T=\frac{\Delta t}{N}=\frac{۲/۵\times ۶۰}{۵۰۰}=۰/۳s \Rightarrow \frac{T}{۶}=\frac{\frac{۳}{۱۰}}{۶}=۰/۰۵s$$

۲۲ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: دشوار * فیزیک ۳ (فصل ۳)

$$t_۱=\frac{۱}{۴}s \Rightarrow x_۱=۲Cos۴\pi\times\frac{۱}{۴}=-۲cm$$

$$t_۲=\frac{۱۳}{۲۴}s \Rightarrow x_۲=۲Cos۴\pi\times\frac{۱۳}{۲۴}=۲Cos\frac{۱۳\pi}{۶}=۲Cos(۲\pi+\frac{\pi}{۶})=\sqrt{۳}cm$$

در بازهٔ زمانی $t_۱=\frac{۱}{۴}s$ تا $t_۲=\frac{۱۳}{۲۴}s$، نوسانگر از $x=-۲cm$ تا $x=+۲cm$ رفته و سپس تا $x=\sqrt{۳}cm$ برمی‌گردد و در این مدت از $-۲cm$ تا صفر و سپس از $۲cm$ تا $\sqrt{۳}cm$ حرکت تندشونده داشته است. به این ترتیب کل مسافتی که به‌طور تندشونده طی می‌کند، برابر با $۲/۳cm=۲+۲-\sqrt{۳}$ است.



۲۳ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم- فنر از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ محاسبه می‌شود و همان‌طور که دیده می‌شود دورهٔ تناوب T به دامنهٔ A بستگی ندارد.

حال وقتی در حالت اول جرم m با دامنهٔ A نوسان می‌کند، مدت‌زمان طی نمودن فاصلهٔ AO برابر $\frac{T}{۴}$ یعنی ۰/۱s است. در حالت دوم که دامنه دو برابر شده، باز هم دوره تناوب همان ۰/۴s است و این بار فاصلهٔ BO را در $\frac{T}{۴}$ یعنی ۰/۱s طی می‌کند و فاصلهٔ AO نصف فاصلهٔ BO بوده و به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow \begin{cases} \frac{A}{۲} = A\cos\omega t_۱ \\ ۰ = A\cos\omega t_۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\frac{\pi}{۳} = \cos\omega t_۱ \\ \cos\frac{\pi}{۲} = \cos\omega t_۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \omega t_۱ = \frac{\pi}{۳} \\ \omega t_۲ = \frac{\pi}{۲} \end{cases} \Rightarrow \omega(t_۲ - t_۱) = \frac{\pi}{۲} - \frac{\pi}{۳}$$

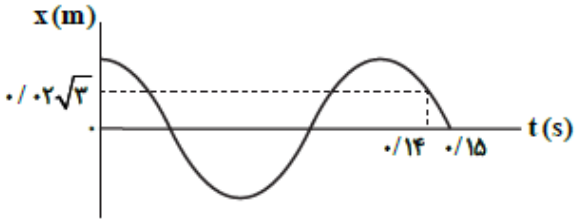
$$\Rightarrow \frac{۲\pi}{۰/۴}(t_۲ - t_۱) = \frac{\pi}{۶} \Rightarrow t_۲ - t_۱ = \frac{۱}{۳۰}s$$

۲۴ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

ابتدا بسامد زاویه‌ای را می‌یابیم:

$$\Delta t = ۵\frac{T}{۴} = ۰/۱۵ \Rightarrow T = \frac{۳}{۲۵}s \ , \ \omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{\frac{۳}{۲۵}} = \frac{۵۰\pi}{۳}\frac{rad}{s}$$

برای نوشتن معادلهٔ مکان- زمان، علاوه بر بسامد زاویه‌ای، نیازمند دامنهٔ نوسان نیز هستیم:



$$x = A\cos\omega t \Rightarrow ۰/۰۲\sqrt{۳} = A\cos(\frac{۵۰\pi}{۳} \times ۰/۱۴) = A\cos\frac{۷\pi}{۳} = \frac{A}{۲} \Rightarrow A = ۰/۰۴\sqrt{۳}\,m$$

حالا می‌توان معادلهٔ مکان- زمان را در SI به‌صورت روبه‌رو نوشت: $x = ۰/۰۴\sqrt{۳}\cos\frac{۵۰\pi}{۳}t$

۲۵ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: دشوار * فیزیک ۳ (فصل ۳)

در نقطهٔ $x_۲$ انرژی پتانسیل نوسانگر با انرژی جنبشی آن برابر است. به این ترتیب داریم:

$$K_۲ = ۲۰۰J \xrightarrow{K_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲} ۲۰۰ = \frac{۱}{۲} \times ۴ \times v_۲^۲ \Rightarrow v_۲ = ۱۰\frac{m}{s}$$

$$E = U + K = ۲۰۰ + ۲۰۰ = ۴۰۰J$$

در نقطهٔ $x_۱$ داریم:

$$E = U_۱ + K_۱ \Rightarrow ۴۰۰ = ۲۳۸ + K_۱ \Rightarrow K_۱ = ۱۶۲J \xrightarrow{K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲} ۱۶۲ = \frac{۱}{۲} \times ۴ \times v_۱^۲ \Rightarrow v_۱ = ۹\frac{m}{s}$$

$$v_۲ - v_۱ = ۱۰ - ۹ = ۱\frac{m}{s}$$

۲۶ پاسخ: گزینهٔ ۴ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت میدان الکتریکی +z است.

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{۳\times۱۰^۸}{۶\times۱۰^{-۸}} = ۵\times۱۰^{۱۵}Hz$$

$$۱۵nm = \frac{\lambda}{۴} \Rightarrow \lambda = ۶۰nm = ۶\times۱۰^{-۸}m$$

۲۷ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: ساده * فیزیک ۳ (فصل ۳)

نظم موج‌های الکترومغناطیسی از طول موج زیاد تا کم به‌ترتیب به‌صورت زیر است:

رادیویی- میکروموج- فروسرخ- مرئی: (قرمز- نارنجی- زرد- سبز- آبی- نیلی- بنفش)- فرابنفش- ایکس- گاما

۲۸ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

اگر فرض کنیم فاصلهٔ مکان زمین‌لرزه تا لرزه‌نگار d و اختلاف زمان دریافت نخستین موج P و S، برابر با t باشد، داریم: $d = vt$

برای امواج P داریم: $۲۴۳۰\,km = ۸/۱\frac{km}{s} \times t_P \Rightarrow t_P = ۳۰۰\,s = ۵\,min$

تندی امواج S از تندی امواج P کمتر است، پس زمان طی نمودن فاصلهٔ $۲۴۳۰\,km$ توسط آن‌ها بیشتر است.

$$t_S = ۵ + ۴ = ۹\,min = ۵۴۰\,s$$

$$v_S = \frac{d}{t_S} \Rightarrow v_S = \frac{۲۴۳۰}{۵۴۰} = ۴/۵\frac{km}{s}$$

۲۹ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

- با توجه به شکل تمام انرژی موج صوتی که در یکای زمان از سطح (۱) می‌گذرد از سطح (۲) هم می‌گذرد، پس توان متوسط صوتی در هر دو سطح برابر است. از این‌رو گزینهٔ ۱ نادرست و گزینهٔ ۲ درست است.
- با توجه به برابری توان متوسط صوت در هر دو سطح، چون سطح (۲)، ۴ برابر سطح (۱) است، پس شدت صوت در سطح (۱) چهار برابر شدت صوت در سطح (۲) است. گزینهٔ ۳ نادرست است.
- تراز شدت صوت در سطح (۱)، $۶\,dB$ بیشتر از تراز شدت صوت در سطح (۲) است. گزینهٔ ۴ نادرست است.

$$\beta_۱ - \beta_۲ = ۱۰\log\frac{I_۱}{I_۲} = ۱۰\log ۴ = ۲۰\log ۲ = ۲۰ \times ۰/۳ = ۶\,dB$$

۳۰ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

$$\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow ۳۰ - ۳۹ = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow -۰/۹ = \log\frac{I_۲}{I_۱} \xrightarrow{\log ۲ = ۰/۳}$$

$$\Rightarrow \log ۲^{-۳} = \log\frac{I_۱}{I_۲} \Rightarrow ۸ = \frac{I_۱}{I_۲} \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = \frac{۱}{۸}$$

t.me/Azmoonha_Azmayeshi

۳۱ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

با توجه به اینکه موج به‌طرف چپ حرکت می‌کند، ذرهٔ M پس از $\frac{T}{4}$ به $-A$ و پس از $\frac{2T}{4}$ به صفر و پس از $\frac{3T}{4}$ به $+A$ می‌رسد و جابه‌جایی آن $+3\,cm$ است.

مسافتی که موج در مدت $\frac{3T}{4}$ طی می‌کند برابر $\frac{3\lambda}{4}$ که می‌توان طول موج را محاسبه و در $\frac{3}{4}$ ضرب کنیم:

$$\lambda=\frac{v}{f}\Rightarrow\lambda=\frac{8}{5}m=160cm\Rightarrow\ell=\frac{3}{4}\lambda=\frac{3}{4}\times160=120cm$$

همچنین می‌توان دوره را حساب کرد و تندی موج را در $\frac{3}{4}T$ ضرب کرد:

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{5}s\Rightarrow\ell=vt=v\times\frac{3}{4}T\Rightarrow\ell=8\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{5}=1/2m=120cm$$

۳۲ پاسخ: گزینهٔ ۴ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

چون محیط انتشار موج‌های (۱) و (۲) یکسان است (هر دو در یک طناب منتشر می‌شوند)، تندی آن‌ها نیز یکسان است. اگر طول موج را در حالت اول با λ_1 و در حالت دوم با λ_2 نشان دهیم، داریم:

$$\frac{5}{4}\lambda_1=\lambda_2\Rightarrow\frac{5}{4}\frac{v}{f_1}=\frac{v}{f_2}\Rightarrow f_2=\frac{4}{5}f_1\Rightarrow f_2=\frac{4}{5}\times20=16\,Hz$$
$$\Delta f=16-20=-4\,Hz$$

بنابراین بسامد باید $4\,Hz$ کم شود.

۳۳ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

$$\frac{3\lambda}{2}=0/9\Rightarrow\lambda=0/6m$$
$$\lambda=v\cdot T\Rightarrow0/6=4T\Rightarrow T=0/15s$$

چون در $t=0$ ذرهٔ M به‌طرف بالا می‌رود، موج در حال حرکت به‌طرف چپ است و در این لحظه ذرهٔ N در حال حرکت به‌طرف پایین است.

حال ذرهٔ N باید ابتدا به مبدأ ($y=0$) رسیده و بعد از آن با سپری شدن $3\frac{T}{4}$ به $y=+A$ برسد. اما زمان لازم برای رسیدن به مبدأ چقدر است؟!

برای رسیدن ذرهٔ N از $+\frac{A}{2}$ به صفر باید زاویهٔ کسینوس از $\frac{\pi}{3}$ به $\frac{\pi}{2}$ یعنی به‌اندازهٔ $\frac{\pi}{6}$ تغییر کند، از طرفی چون زمان تغییر 2π برابر T است، پس مدت‌زمان تغییر $\frac{\pi}{6}$ برابر با $\frac{T}{12}$ است و داریم:

$$\Delta t=t-0=\frac{T}{12}+\frac{3T}{4}=\frac{10T}{12}=\frac{10\times0/15}{12}=\frac{1}{8}s$$

۳۴ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

$$\mu=\frac{m}{L}=\frac{\rho V}{L}=\frac{\rho AL}{L}=\rho A=3000\times3\times0/004^2=0/144\frac{kg}{m}$$
$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}\Rightarrow v=\sqrt{\frac{14/4}{0/144}}=10\frac{m}{s}$$

۳۵ پاسخ: گزینهٔ ۳ ▲ مشخصات سؤال: ساده * فیزیک ۳ (فصل ۳)

توان متوسط موج یا همان آهنگ انتقال انرژی توسط موج مکانیکی با مربع دامنه و مربع بسامد متناسب است. با توجه به اینکه تندی موج‌های A و B برابرند، چون در یک محیط منتشر می‌شوند، داریم:

$$\lambda=\frac{v}{f}\Rightarrow\begin{cases}\lambda_A=9\,\text{خانه}\\\lambda_B=8\,\text{خانه}\end{cases}\Rightarrow\frac{\lambda_B}{\lambda_A}=\frac{8}{9}=\frac{f_A}{f_B}$$
$$\begin{cases}A_A=1\,\text{خانه}\\A_B=2\,\text{خانه}\end{cases}\Rightarrow\frac{A_A}{A_B}=\frac{1}{2}$$
$$\frac{\text{توان متوسط موج A}}{\text{توان متوسط موج B}}=\left(\frac{A_A\cdot f_A}{A_B\cdot f_B}\right)^2=\left(\frac{1}{2}\times\frac{8}{9}\right)^2=\frac{16}{81}$$

۳۶ پاسخ: گزینهٔ ۴ ▲ مشخصات سؤال: ساده * فیزیک ۳ (فصل ۳)

فقط مورد «ت» نادرست است:

$$c=\frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}\Rightarrow(3\times10^8)^2=\frac{1}{\mu_0\varepsilon_0}\Rightarrow9\mu_0\varepsilon_0=10^{-16}$$

t.me/Azmoonha_Azmayeshi

۳۷ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

در موج طولی، فاصلهٔ وسط یک تراکم تا وسط یک بازشدگی متوالی برابر $\frac{\lambda}{۲}$ است:

$$\frac{\lambda}{۲}=۲۰cm \Rightarrow \lambda=۴۰cm=۰/۴m$$

$$v=f\cdot\lambda \Rightarrow v=۸۴۰\times۰/۴=۳۳۶\frac{m}{s}$$

$$d=v\cdot t \Rightarrow ۶۷/۲=۳۳۶\times t \Rightarrow t=۰/۲s$$

۳۸ پاسخ: گزینهٔ ۴ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

$$I=\frac{P_{av}}{A} \Rightarrow ۱۰^{-۴}=\frac{P_{av}}{۱\times۱۰^{-۴}} \Rightarrow P_{av}=۱۰^{-۸}W \qquad P_{av}=\frac{E}{\Delta t} \Rightarrow ۱۰^{-۸}=\frac{۱۲\times۱۰^{-۶}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۱۲۰۰s=۲۰min$$

۳۹ پاسخ: گزینهٔ ۲ ▲ مشخصات سؤال: متوسط * فیزیک ۳ (فصل ۳)

$$\beta_۱-\beta_۲=۱۰\log\frac{I_۱}{I_۲} \Rightarrow ۱۲=۱۰\log\frac{I_۱}{I_۲} \Rightarrow ۱/۲=\log\frac{I_۱}{I_۲} \xrightarrow{۰/۲=۴\log۲} \log۲^{۴}=\log\frac{I_۱}{I_۲} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲}=۱۶$$

$$\xrightarrow{I=\frac{P_{av}}{A}=\frac{P_{av}}{۴\pi r^{۲}} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲}=(\frac{r_۲}{r_۱})^{۲}} ۱۶=(\frac{۱۰۰+d}{۱۰۰})^{۲} \Rightarrow ۴=\frac{۱۰۰+d}{۱۰۰} \Rightarrow d=۳۰۰m$$

۴۰ پاسخ: گزینهٔ ۱ ▲ مشخصات سؤال: ساده * فیزیک ۳ (فصل ۳)

در اثر دوپلر وقتی چشمه ساکن است، طول موج صوت تغییر نمی‌کند و ارتباطی به حرکت ناظر ندارد اما با حرکت ناظر به‌طرف چشمه، تعداد جبهه‌های موج دریافتی توسط ناظر افزایش می‌یابد و ناظر بسامدی بیشتر از بسامد چشمه دریافت می‌کند.

@Azmoniko1

زیست دوازدهم: صفحه‌های ۶۳ تا ۷۶

تست و پاسخ ۴۱

مطابق اطلاعات کتاب زیست شناسی ۳، کدام مورد، در خصوص هر نوع تخمیر قابل انجام در گیاهان، صحیح است؟

تخمیر الکلی + تخمیر لاکتیکی

۱) بازدهی خالص آن، تولید دو مولکول ATP است.

۲) با تولید و مصرف انواع مختلفی حامل الکترون همراه‌اند.

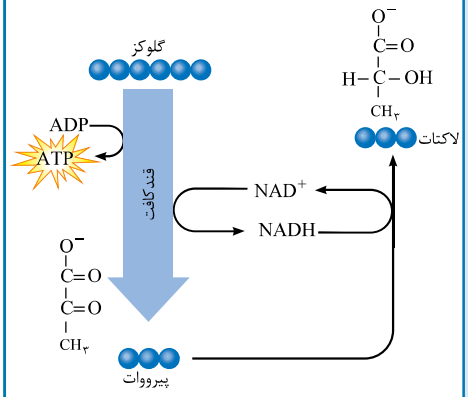
۳) الکترون‌های NADH به طور مستقیم به پیرووات منتقل می‌گردد.

۴) تنها در محیط‌های فاقد اکسیژن قابل انجام هستند.

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ فرایندهای تخمیر در گیاهان)*

طبق متن کتاب، هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان قابل انجام هستند. در هر دو نوع تخمیر، تولید مولکول‌های ATP فقط طی قندکافت (نخستین مرحله) صورت می‌گیرد. می‌دانید که در قندکافت، در انتها ۴ مولکول ATP تولید می‌شود، اما چون در واکنش ابتدایی آن، ۲ مولکول ATP مصرف می‌شود، طی این فرایند به طور خالص ۲ مولکول ATP تولید می‌شود.

تخمیر الکلی		تخمیر لاکتیکی
تأمین انرژی یاخته‌هایی مثل مخمر نان و یاخته‌های گیاهی در شرایط کمبود یا نبود O_2	**نقش**	تأمین انرژی لازم یاخته‌ها در شرایط کمبود یا نبود O_2 مثلن برای انقباض ماهیچه‌ها یا حتی یاخته‌های گیاهی
۱) قندکافت ← تولید پیرووات + NADH و ATP ۲) از دست‌دادن CO_2 توسط پیرووات و تشکیل اتانال ۳) بازسازی NAD^+ از طریق انتقال الکترون‌های NADH به اتانال و تولید اتانول	**مراحل انجام**	۱) قندکافت ← تولید پیرووات + NADH و ATP ۲) بازسازی NAD^+ از طریق انتقال الکترون‌های NADH به پیرووات و تولید لاکتات (لاکتیک‌اسید)
✓	**تولید CO_2**	✗
اتانال (نوعی مادهٔ آلی)	**پذیرندهٔ نهایی الکترون**	پیرووات (نوعی مادهٔ آلی)
ترکیبی دوکربنی (اتانول)	**محصول نهایی**	ترکیبی ۳کربنی (لاکتات)
در زمان تولید قند سه‌کربنی تک‌فسفاته + در زمان تولید اتانال	**شکستن پیوند کربن ـ کربن**	در زمان تولید قند سه‌کربنی تک‌فسفاته
✓ (تولید نان)	**کاربرد در تولید محصولات غذایی**	✓ (تولید فراورده‌های شیری + خیارشور)
–	**سبب فاسدشدن مواد غذایی می‌شود؟**	✓
مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	**محل انجام**	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم
در صورت مصرف، تأثیر بر دستگاه عصبی مرکزی و کبد + مؤثر در بروز سرطان + اختلال در تقسیم یاخته‌ای (مثلن تشکیل گامت غیرطبیعی در گامت‌زایی)، ریفلاکس و ...	**اثر محصول نهایی فرایند در بدن انسان**	درد و گرفتگی در ماهیچه‌ها
انجام قندکافت + آزادشدن CO_2 از پیرووات + بازسازی NAD^+	**شباهت با تنفس یاخته‌ای**	انجام قندکافت + بازسازی NAD^+
✗	**در کدام یاخته‌های بدن انسان انجام می‌شود؟**	ماهیچه‌ای + گویچهٔ قرمز بالغ

تخمیر الکلی		تخمیر لاکتیکی
✓	در باکتری‌ها انجام می‌شود؟	✓
✓	در گیاهان انجام می‌شود؟	✓
	شکل	

بررسی سایر گزینه‌ها:

در هر دو نوع تخمیر فقط یک نوع حامل الکترون (NADH) تولید و مصرف می‌شود.

به طور کلی، تخمیر شامل دو مرحله است: مرحلهٔ اول آن قندکافت است که با تولید ATP و NADH همراه است و مرحلهٔ دوم آن (همان قسمتی که ما به عنوان تخمیر می‌شناسیم) شامل مصرف NADH و بازسازی NAD^+ است. هدف از واکنش‌های این مرحله تولید ATP بیشتر طی تخمیر نیست بلکه هدف بازسازی NAD^+ جهت ادامهٔ قندکافت است تا یاخته بتواند در شرایط خاص! حداقل ATP ممکن خود را بسازد.

در تخمیر الکلی، الکترون‌های NADH به طور مستقیم به مولکول اتانال منتقل می‌شوند.

اکسایش NADH، در زنجیرهٔ انتقال الکترون (طی تنفس هوازی) و یا در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم (طی تخمیر) رخ می‌دهد.

طبق متن کتاب، تخمیر در محیط کم اکسیژن و یا بدون اکسیژن انجام می‌شود. هم‌چنین یاخته‌هایی مانند گویچه‌های قرمز بالغ در انسان، حتی در شرایطی که اکسیژن اطرافشان کافی باشد نیز تخمیر انجام می‌دهند، زیرا فاقد میتوکندری‌اند. (تنفس هوازی در آن‌ها رخ نمی‌دهد.)

تست و پاسخ ۴۲

در طی روش(های) مختلف تأمین‌کنندهٔ ATP در یک یاختهٔ گیاهی، محصول نهایی قندکافت به ترکیبی دوکربنی تبدیل می‌شود. کدام مورد در خصوص این روش(ها) در یاختهٔ گیاهی، به طور حتم صادق است؟

تخمیر الکلی + اکسایش پیرووات

۱) منجر به تشکیل انواعی از ترکیبات آلی فاقد فسفات در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم می‌شود.

۲) در طی وقوع آن، مولکول پیرووات با یک ترکیب دونوکلئوتیدی الکترون مبادله می‌کند.

۳) مولکول NAD^+ با دریافت الکترون از ماده‌ای آلی، کاهش می‌یابد.

۴) به دنبال مصرف ترکیب دوکربنی، امکان تولید ATP فراوانی در یاخته فراهم می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ ۳ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تولید ATP در گیاهان)*

محصول نهایی قندکافت، پیرووات است و در یک یاختهٔ گیاهی می‌تواند سه سرنوشت مختلف داشته باشد:
۱) در طی تخمیر الکلی، به اتانال (نوعی ترکیب دوکربنه) تبدیل شود.
۲) در تخمیر لاکتیکی، تبدیل به لاکتات (نوعی ترکیب سه‌کربنه) شود.
۳) در طی تنفس هوازی (در اکسایش پیرووات) به نوعی ترکیب دوکربنی (استیل) تبدیل شود.
بنابراین هم در تخمیر الکلی و هم در تنفس هوازی، پیرووات به نوعی مولکول دوکربنی تبدیل می‌شود.

در تنفس یاخته‌ای، انجام شدن یا نشدن قندکافت به حضور O_2 وابسته نیست؛ این فرایند به O_2 نیازی ندارد و طی واکنش‌های آن نیز O_2 مصرف نمی‌شود، اما انجام بقیهٔ مراحل تنفس یاخته‌ای، به حضور O_2 وابسته است. دقت کنید که در اکسایش پیرووات، کربس و تولید اکسایشی ATP توسط آنزیم ATPساز، O_2 مصرف نمی‌شود اما وقوع آن‌ها وابسته به حضور O_2 است. طبق کتاب، در یوکاریوت‌ها، اگر O_2 باشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد میتوکندری می‌شود؛ در غیر این صورت نمی‌تواند.

در تخمیر الکلی، طی مرحلهٔ قندکافت، NAD^+ با دریافت الکترون از قند فسفاته، کاهش می‌یابد و به NADH تبدیل می‌شود. طی مرحلهٔ اکسایش پیرووات هم، NADH تشکیل می‌شود که در این‌جا هم NAD^+ از مادهٔ آلی، الکترون می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

در تخمیر الکلی برخلاف تنفس هوازی، مولکول‌های پیرووات، اتانال و اتانول (انواعی از مولکول‌های آلی بدون فسفات) در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم تشکیل می‌شوند؛ اما در تنفس هوازی در یک یاختهٔ گیاهی، طی قندکافت، فقط پیرووات را به عنوان مادهٔ آلی بدون فسفات تولیدشده در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم می‌شناسیم. سایر مراحل تنفس یاخته‌ای هم، در راکیزه رخ می‌دهند.

قندکافت فرایندی است که طی آن، انواعی از مولکول‌های آلی فسفاته، تولید و مصرف می‌شوند. گلوکز و پیرووات، مولکول‌هایی فاقد فسفات در قندکافت هستند.

این مورد در خصوص تخمیر لاکتیکی برخلاف تخمیر الکلی صادق است. در تخمیر الکلی، پیرووات ابتدا یک مولکول کربن دی‌اکسید خود را از دست خواهد داد و **اتانال** با NADH مبادلهٔ الکترون انجام می‌دهد.

دقت کنید، هم طی واکنش‌های اکسایش و هم طی واکنش‌های کاهش، مبادلهٔ الکترون رخ می‌دهد. به دنبال اکسایش، مولکولی الکترون از دست می‌دهد که این الکترون‌ها، می‌توانند توسط مولکول دیگری گرفته شوند تا این مولکول کاهش بیابد.

اتانال و اتانول، ترکیب‌های دوکربنی هستند که در فرایند تخمیر الکلی در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. به دنبال مصرف اتانال، اتانول و NAD^+ تولید می‌شود یعنی ATP بیشتری در یاخته ساخته نمی‌شود. اتانول هم باید از یاخته دور شود چراکه مادهٔ سمی است و مصرف نمی‌شود. بنیان استیل، در فرایند اکسایش پیرووات در بخش داخلی میتوکندری یاختهٔ گیاهی تولید می‌گردد و در ادامه وارد چرخهٔ کربس می‌شود (به شکل استیل کوآنزیم A). این فرایندها منجر به تولید ATP بیشتر در یاخته می‌شوند.

تست و پاسخ ۴۳

در فرایندهای مربوط به تنفس یاخته‌ای در انسان، مولکول‌هایی تولید می‌شوند که تنها در شرایط هوازی اکسایش می‌یابند. کدام مورد در خصوص همهٔ این مولکول‌ها نادرست است؟

۱) مستقیماً باعث کاهش‌یافتن نوعی پمپ پروتئینی در غشای داخلی راکیزه می‌شود.
۲) با آزادکردن CO_2، به ترکیبی با تعداد کربن کم‌تر تبدیل می‌شود.
۳) از تغییر نوعی ترکیب اسیدی فسفات‌دار حاصل شده است.
۴) با افزوده‌شدن دو H^+ به ترکیبی آلی تولید شده است.

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تنفس هوازی)*

$FADH_2$، $NADH$، پیرووات، قند فسفاته و گروهی از مولکول‌های شرکت‌کننده در چرخهٔ کربس، در طی تنفس هوازی تولید و اکسایش می‌یابند. در تخمیر $NADH$ و قند فسفاته، از جمله مولکول‌هایی هستند که طی مراحل آن تولید و اکسایش می‌یابند. لذا $FADH_2$ (در زنجیرهٔ انتقال الکترون)، پیرووات و گروهی از مولکول‌های شرکت‌کننده در کربس فقط طی تنفس هوازی اکسایش می‌یابند.

مولکولی که مستقیمن نوعی پمپ پروتئینی در غشای داخلی راکیزه را کاهش می‌دهد، $NADH$ است که در تخمیر نیز الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد. دقت کنید $FADH_2$ سبب کاهش‌یافتن جزئی از زنجیره می‌شود که پمپ پروتئینی نیست.

در واکنش‌های قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس، الکترون از مولکولی غیرنوکلئوتیدی جدا و به مولکولی نوکلئوتیدی منتقل می‌شود ولی در زنجیرهٔ انتقال الکترون، الکترون از یک مولکول نوکلئوتیدی جدا و به مولکولی غیرنوکلئوتیدی منتقل می‌شود. دقت کنید اجزای زنجیره، هم می‌توانند الکترون بگیرند و هم از دست بدهند مثل پمپ اول!

بررسی سایر گزینه‌ها:

برای پیرووات و گروهی از ترکیبات شرکت‌کننده در کربس صادق است؛ این ترکیبات با از دست دادن کربن دی‌اکسید، به ترکیبی با تعداد کربن کم‌تر تبدیل می‌شوند.

CO_2 در بخش‌های مختلف تنفس یاخته‌ای تولید می‌شود، بخشی در اکسایش پیرووات و بخشی هم در چرخهٔ کربس. این فرایندها سبب می‌شود تا گلوکز تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود.

طی تنفس یاخته‌ای، فقط آزادشدن CO_2 نیست که منجر به ایجاد ترکیبی با تعداد کربن کم‌تر می‌شود، مثلن طی قندکافت، فروکتوز فسفاته با شکسته‌شدن، به دو ترکیب سه‌کربنی و فسفاته تبدیل می‌شود. این فرایند با آزادشدن CO_2 همراه نیست.

برای پیرووات که از تغییر اسید سه‌کربنی دوفسفاته تولید می‌شود، صادق است، ولی مثلن برای $FADH_2$ صادق نیست.

این مورد دربارهٔ ترکیباتی مثل $FADH_2$ و $NADH$ صادق است که هنگام تشکیل آن‌ها، FAD و NAD^+، علاوه بر الکترون، پروتون نیز دریافت می‌کنند.

تست و پاسخ ۴۴

کدام ویژگی، تخمیر مؤثر در ورآمدن خمیر نان را از تخمیر مؤثر در تولید محصولات لبنی، در یوکاریوت‌ها متمایز می‌سازد؟

تخمیر الکلی در مقابل تخمیر لاکتیکی

۱) پارانشیم هوادار در گیاهان آبزی، در کاهش میزان انجام آن، در این گیاهان مؤثر است.

۲) مولکول(های) CO_2 تولیدشده در آن، از میتوکندری خارج می‌گردد.

۳) با کاهش‌یافتن ترکیبی سه‌کربنه، NAD^+ باز تولید می‌شود.

۴) نوعی ترکیب آلی دوکربنه تولید و مصرف می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ ۴ @Azmoniko1 *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تخمیر)*

تخمیر در گیاهان

اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، (مثلن گیاه در شرایط غرقابی باشد) گیاه برای تأمین انرژی لازم برای بقا، تخمیر انجام می‌دهد. گیاهان می‌توانند هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی را انجام بدهند، اما محصول نهایی آن ممکن است سبب آسیب یاخته‌ها شود؛ در نتیجه از آن‌ها دور می‌شود. به عبارتی تجمع این دو مولکول در یاختهٔ گیاهی باعث مرگ آن می‌شود.

گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط **غرقابی** رشد می‌کنند، ممکن است در شرایط کمبود اکسیژن قرار بگیرند؛ البته آن‌ها برای زندگی در این شرایط سازش پیدا کرده‌اند.

برخی از انواع سازش‌های گیاهان در شرایط غرقابی

- در تشکیل بافت پارانشیمی هوادار در گیاهان آبزی مثل آزولا (وجود هوا در پارانشیم‌ها که تأمین‌کنندهٔ O_2 است.)
- ایجاد شُش‌ریشه در درختان حرا؛ یعنی ریشه‌هایی که از سطح آب بیرون می‌آیند و با جذب O_2 از مرگ ریشه جلوگیری می‌کنند.

تخمیر الکلی سبب ورآمدن خمیر نان می‌شود و از تخمیر لاکتیکی برای تولید محصولات لبنی استفاده می‌شود. در تخمیر الکلی، نوعی ترکیب آلی دوکربنه (اتانال) تولید و سپس مصرف می‌شود، اما در تخمیر لاکتیکی ترکیب دوکربنه‌ای تولید یا مصرف نمی‌شود.

در تخمیر الکلی همانند تنفس هوازی، امکان تشکیل مولکولی دوکربنی وجود دارد (اتانال و اتانول در تخمیر و استیل طی اکسایش پیرووات)؛ هم‌چنین در تخمیر همانند تنفس هوازی، NAD^+ هم تولید و هم مصرف می‌شود. قندکافت هم که فرایند مشترک بین تخمیر و تنفس هوازی است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

پارانشیم هوادار سبب تأمین اکسیژن برای یاخته‌های گیاهان می‌شود، به عبارتی به علت توانایی ذخیرهٔ اکسیژن در گیاه توسط این بافت، احتمال وقوع هر دو نوع تخمیر در گیاهان آبزی کاهش می‌یابد.

بافت پارانشیم، نوعی بافت زمینه‌ای در گیاهان آوندی است که وظایف مختلفی بر عهده دارد. گروهی از یاخته‌های این بافت در فتوسنتز و ذخیرهٔ مواد نقش دارند. پارانشیم هوادار هم نوعی از این بافت است که با داشتن فضاهای وسیع، می‌تواند O_2 ذخیره کند.

در تخمیر الکلی برخلاف تخمیر لاکتیکی، کربن دی اکسید تولید می‌شود؛ اما دقت کنید که هر دو نوع تخمیر در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم انجام می‌شوند، نه راکیزه.

طبق متن کتاب درسی، در یوکاریوت‌ها، در صورت وجود O_2 کافی، پیرووات می‌تواند وارد میتوکندری شود، در غیر این صورت در همان مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم می‌ماند و تخمیر! می‌شود. دقت کنید همهٔ انواع یاخته‌های یوکاریوتی توانایی تخمیر ندارند، از طرفی گروهی از یاخته‌های یوکاریوتی هم هستند که تنفس هوازی در آن‌ها رخ نمی‌دهد؛ مثلن گویچهٔ قرمز بالغ در انسان.

طی مصرف گلوکز در یاخته، CO_2 می‌تواند در بخش‌های مختلفی از این فرایند، تولید شود؛ مثلن در تنفس هوازی طی اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس و یا در تخمیر الکلی CO_2 تولید می‌شود. در تنفس هوازی به ازای هر گلوکز در نهایت ۶ مولکول CO_2 آزاد می‌شود؛ ۲تا در اکسایش پیرووات و ۴تا در کربس، اما طی تخمیر الکلی فقط ۲تا CO_2 آزاد می‌شود.

در تخمیر الکلی ضمن کاهش ترکیبی دو کربنه (اتانال)، NAD^+ بازتولید می‌شود.این مورد ویژگی تخمیر لاکتیکی است.

در تنفس هوازی هم، الکترون‌های حامل‌های الکترونی ($NADH$ و $FADH_2$) به مولکول‌های آلی منتقل می‌شود (به طور مستقیم) اما این الکترون‌ها در نهایت به مولکول غیرآلی O_2 منتقل می‌شوند (به طور غیرمستقیم و از طریق اجزای زنجیره).

تست و پاسخ ۴۵

در هر یاختهٔ غدهٔ تیروئید انسان، به منظور تغییر مولکول فروکتوز فسفاته تا زمان ورود استیل کوآنزیم A به چرخهٔ کربس لازم است تا ..... به وقوع به پیوندد.

از مرحلهٔ دوم قندکافت تا پایان اکسایش پیرووات

۱) تولید آب بعد از تولید مولکول حامل الکترون
۲) تولید CO_2 پس از مصرف آخرین NAD^+
۳) مصرف فسفات آزاد قبل از تولید قند فسفاته
۴) تولید اسید دوفسفاته پس از مصرف ADP

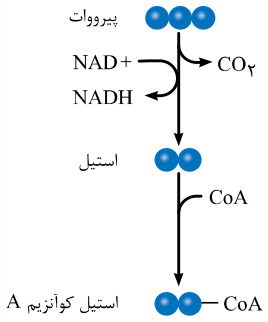
پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ قندکافت و اکسایش پیرووات)*

صورت سؤال فرایندهایی از تنفس هوازی از زمان مصرف فروکتوز فسفاته تا انتهای قندکافت و هم‌چنین فرایند اکسایش پیرووات را شامل می‌شود. می‌دانیم که طی واکنش‌های سنتز آب‌دهی، مولکول آب تولید می‌شود. در این فاصله، به عنوان مثال، در آخرین مرحلهٔ قندکافت، ATP تولید می‌شود؛ که تولید ATP با تولید آب همراه است. هم‌چنین در مرحلهٔ سوم قندکافت (یعنی قبل از تولید ATP) NADH تولید می‌شود. دقت کنید طی اکسایش پیرووات هم، NADH تولید می‌شود که بعد از آن، استیل کوآنزیم A به دنبال نوعی واکنش سنتز آب‌دهی، تولید می‌شود.

در قندکافت و اکسایش پیرووات، فقط NADH به عنوان حامل الکترون تولید می‌شود، اما در چرخهٔ کربس، حامل‌های الکترونی NADH و $FADH_2$ تولید می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

در بازهٔ زمانی ذکرشده، آخرین NAD^+ در فرایند اکسایش پیرووات مصرف می‌شود و مطابق شکل کتاب درسی، این مورد پس از آزادشدن CO_2 در فرایند اکسایش پیرووات صورت می‌گیرد.



آزادشدن کربن دی‌اکسید در میتوکندری:

۱) در واکنش‌های چرخهٔ کربس از ترکیبات ۶کربنی و ۵کربنی

۲) در واکنش اکسایش پیرووات از ترکیب ۳کربنی (پیرووات)

۳) در واکنش‌های تنفس نوری از ترکیب ۲کربنی

مصرف فسفات آزاد در مرحلهٔ سوم قندکافت و همراه با مصرف قند فسفاته در این فرایند، صورت می‌گیرد. به عبارتی این فسفات آزاد، به قند فسفاته متصل می‌شود و اسید دوفسفاته را می‌سازد.

انواع منابع تأمین‌کنندهٔ فسفات در تنفس یاخته‌ای: ۱) ATP در مرحلهٔ اول قندکافت مصرف می‌شود و سبب تشکیل فروکتوز فسفاته می‌شود. ۲) فسفات آزاد: در مرحلهٔ سوم قندکافت مصرف می‌شود و سبب تشکیل اسید دوفسفاته می‌شود. ۳) در محل فعالیت آنزیم ATPساز، طبق شکل ۸ کتاب درسی، فسفات آزاد به ADP متصل شده و سبب تشکیل ATP می‌شود.

تغییرات فسفات مولکول‌های مختلف در قندکافت:

گلوکز در مرحلهٔ اول از ATP فسفات می‌گیرد، قند فسفاته در مرحلهٔ سوم با استفاده از فسفات آزاد، فسفاته می‌شود و در مرحلهٔ آخر، ADP فسفات می‌گیرد و ATP تشکیل می‌شود. این فسفات‌ها، از اسید دوفسفاته تأمین می‌شود.

تولید اسید دوفسفاته پیش از مصرف ADP (تولید ATP) و در مرحلهٔ سوم قندکافت انجام می‌شود.

تست و پاسخ ۴۶

در یکی از مراحل گلیکولیز نوعی مولکول حامل الکترون تشکیل می‌شود. این مولکول هیچ‌گاه همراه با تولید پیرووات تشکیل نمی‌گردد. این مولکول حامل الکترون، نمی‌تواند کدام ویژگی دیگر زیر را داشته باشد؟

NADH

۱) تولید آن در فرایند گلیکولیز، قبل از کاهش دومرحله‌ای تعداد فسفات‌های اسید سه‌کربنی رخ می‌دهد.

۲) تولید آن در فرایند اکسایش پیرووات، قبل از شرکت اتم کربن در تشکیل نوعی پیوند اشتراکی صورت می‌گیرد.

۳) در هنگام اکسایش در بخشی از فضای راکیزه (میتوکندری)، دو الکترون و یون(های) هیدروژن آزاد می‌کند.

۴) الکترون‌های پرانرژی خود را مستقیماً به نوعی پمپ پروتئینی الکترون در غشای راکیزه منتقل می‌کند.

پاسخ: گزینهٔ ۴ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ حامل الکترونی NADH)*

NADH نوعی مولکول حامل الکترون است که انرژی نیز دارد؛ این مولکول طی قندکافت و در مرحلهٔ سوم آن تشکیل می‌شود، به عبارتی نمی‌تواند همراه با تولید پیرووات تشکیل شود. الکترون‌های پرانرژی خروجی از NADH (به دنبال اکسایش یافتن آن طی تنفس یاخته‌ای) مستقیمن به نوعی پمپ پروتون (نه پمپ الکترون) در غشای داخلی راکیزه منتقل می‌شوند.

NADH هم طی تنفس یاخته‌ای و هم طی تخمیر، اکسایش می‌یابد. طی تنفس یاخته‌ای، الکترون‌هایش مستقیمن به پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون که نوعی مولکول آلی است منتقل می‌شود. طی تخمیر هم، این الکترون‌ها به مولکول‌های آلی (مثل اتانال یا پیرووات) منتقل می‌شوند.

مولکول اکسایش‌دهندهٔ NADH در تنفس هوازی، همان عضو اول زنجیرهٔ انتقال الکترون است ولی در شرایط تخمیر، ترکیبی دوکربنی (اتانال در تخمیر الکلی) و یا ترکیبی سه‌کربنی (پیرووات در تخمیر لاکتیکی) هم می‌توانند الکترون‌های NADH را دریافت کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

تولید NADH در گلیکولیز، در مرحلهٔ سوم رخ می‌دهد. در مرحلهٔ چهارم و پس از تولید NADH، هر اسید سه‌کربنی دوفسفاته در طی دو مرحله، فسفات‌های خود را به دو مولکول ADP می‌دهد و تبدیل به پیرووات می‌شود.

در اکسایش پیرووات ابتدا با شکسته‌شدن پیوند کربن ـ کربن در مولکول پیرووات، یک اتم کربن به صورت مولکول کربن دی‌اکسید از ساختار پیرووات خارج شده و سپس، مولکول NADH تولید می‌گردد. در ادامه، با اتصال کوآنزیم A به مولکول دوکربنی استیل (که در واکنش قبلی تشکیل شده است) مولکول استیل کوآنزیم A ایجاد می‌شود.

در اثر اکسایش NADH، دو الکترون و دو یون هیدروژن (پروتون) در بخش داخلی راکیزه تولید می‌شود.

تست و پاسخ ۴۷

کدام مورد در ارتباط با نحوهٔ تأمین انرژی انقباض توسط تارهای ماهیچه‌ای اسکلتی به درستی بیان شده است؟

۱) در شرایط وجود اکسیژن کافی، یاختهٔ ماهیچه‌ای از ATP و در عدم وجود آن از برخی واحدهای سازندهٔ تری‌گلیسریدها استفاده می‌کند.

۲) تحریک گیرندهٔ فاقد پوشش پیوندی در عضلهٔ اسکلتی، به واسطهٔ تولید فراوردهٔ نهایی ناشی از تجزیهٔ مستقل از اکسیژن گلوکز می‌باشد.

۳) تنها در صورت انجام فعالیت‌های شدید، عضلات از نوعی مادهٔ فسفات‌دار به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند.

۴) هر مولکول حامل الکترون تولیدشده در تار ماهیچه‌ای، در پی تجزیهٔ قند گلوکز در یاخته ایجاد می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ ۲ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تأمین انرژی در ماهیچه‌ها)*

تأمین انرژی در یاخته‌های ماهیچه‌ای

۱) در مراحل اولیهٔ انقباض ماهیچه‌ها که گلوکز و O_2 کافی در یاخته وجود دارد، ATP از تنفس یاخته‌ای ناشی از تجزیهٔ گلوکز تأمین می‌شود. در این شرایط گلیکوژن ذخیره‌ای در ماهیچه هم می‌تواند مصرف شود.

۲) در انقباض‌های طولانی از اسیدهای چرب برای تأمین ATP استفاده می‌شود که میزان ATP تولیدی در این روش هم می‌تواند زیاد باشد.

۳) یکی دیگر از روش‌ها، مصرف کراتین فسفات است که به ازای هر کراتین فسفات یک ATP تولید می‌شود، مزیت این روش بازتولید سریع ATP است نه میزان آن!

۴) اگر O_2 کافی نباشد، یاخته‌های ماهیچه‌ای از تخمیر لاکتیکی استفاده می‌کنند؛ یعنی: قندکافت و تشکیل پیرووات ← کاهش پیرووات با دریافت الکترون‌های NADH و تشکیل لاکتیک اسید ← تولید مقدار کمی ATP برای تأمین انرژی ← ادامه‌یافتن فرایند به دلیل امکان بازسازی NAD^+ برای انجام دوبارهٔ قندکافت.

در صورت کمبود یا نبود O_2 در یاختهٔ ماهیچه‌ای، این یاخته می‌رود سراغ تخمیر لاکتیکی که طی آن، در نهایت لاکتیک اسید تولید می‌شود. لاکتیک اسید درواقع فراوردهٔ نهایی ناشی از تخمیر لاکتیکی و تجزیهٔ مستقل از اکسیژن گلوکز است؛ تجمع لاکتیک اسید در ماهیچه‌ها، موجب تحریک گیرنده‌های درد (فاقد پوشش پیوندی) در عضلهٔ اسکلتی می‌شود.

خود لاکتیک اسید سبب تحریک گیرنده‌های درد نمی‌شود، بلکه به دلیل حضور این ماده، آسیب بافتی ایجاد می‌شود که این آسیب بافتی، می‌تواند سبب تحریک گیرنده‌های درد شود.

@Azmoniko1

در یاخته‌های ماهیچه‌ای، ATP از راه‌های مختلفی می‌تواند تأمین شود: ۱) تنفس یاخته‌ای و به دنبال مصرف نوعی مادهٔ مغذی ۲) استفاده از کراتین فسفات ۳) تخمیر لاکتیکی.

گیرنده‌های درد در اثر محرک‌های مختلفی می‌توانند تحریک شوند مثل گرما یا سرمای شدید، آسیب بافتی و حتی به دنبال اثر مواد شیمیایی در بدن (مثل لاکتات). این گیرنده، انتهای دندریت آزاد است که حتی در صورت وجود محرک ثابت! سازش نمی‌یابد و بدن را از وجود محرک آسیب‌رسان مطلع می‌سازد. *(زیست یازدهم ـ فصل ۲)*

بررسی سایر گزینه‌ها:

به طور کلی چه در حالت انقباض ماهیچه و چه در حالتی که ماهیچه در حالت استراحت به سر می‌برد، یاخته‌های ماهیچهٔ اسکلتی، همواره برای فعالیت خود، در حال مصرف ATP می‌باشند. پس چه زمانی که گلوکز به صورت هوازی و یا تخمیری تجزیه می‌شود و چه زمانی که اسید چرب (در حالت انقباض‌های طولانی) مصرف می‌شود؛ یاخته در نهایت ATP تولید می‌کند و آن را مصرف می‌کند. به عبارتی این مواد مغذی طی واکنش‌هایی در یاخته تبدیل به ATP می‌شوند و این ATP به عنوان شکل رایج انرژی در یاخته مصرف می‌شود.

مادهٔ فسفات‌داری که در عضلات اسکلتی به عنوان منبع انرژی مصرف می‌شود، می‌تواند ATP یا مثلن کراتین فسفات (CP) باشد، اما به طور کلی مصرف ATP در هر حالتی در حال انجام است و مصرف کراتین فسفات نیز ارتباطی با فعالیت شدید ماهیچه ندارد!

دقت کنید مطابق سؤال کنکور سراسری ۱۴۰۱ تیرماه، ممکن است تارماهیچه‌ای، اسید چرب را طی تنفس هوازی مصرف کند و در پی مصرف آن $FADH_2$ و NADH تولید کند.

انواع منابعی که می‌توانند برای تولید ATP در یاختهٔ ماهیچه‌ای مصرف شوند: ۱) گلوکز و ذخیرهٔ قندی آن در ماهیچه‌ها یا همان گلیکوژن که در صورت وجود O_2 کافی به صورت هوازی و در صورت نبود O_2 کافی، به صورت تخمیری مصرف می‌شود. ۲) استفاده از پروتئین‌ها و چربی‌ها در صورت کمبود منابع گلوکز و یا انقباض‌های طولانی که از اسیدهای چرب استفاده می‌کند. ۳) استفاد از کراتین فسفات برای بازتولید سریع ATP. به عنوان یک نکتهٔ خارج از کتاب درسی بدانید که چربی‌ها و پروتئین‌ها به دنبال تجزیه، تبدیل به مولکول‌هایی می‌شوند که در بخش‌های مختلف تنفس هوازی مصرف می‌شوند و از این طریق سبب تولید ATP می‌شوند.

تست و پاسخ ۴۸

کدام گزینه در خصوص نوعی یاختهٔ فعال جانوری، نادرست است؟

۱) نوعی نقص در ژن پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، می‌تواند احتمال بروز جهش در ژن(های) هستهٔ یاخته را افزایش دهد.

۲) سیانید همانند کربن مونواکسید، می‌تواند با اختلال در فعالیت زنجیرهٔ انتقال الکترون، تولید مولکول‌های آب در بخش داخلی راکیزه (میتوکندری) را مختل کند.

۳) محصول نهایی نوعی تخمیر، می‌تواند در افزایش سرعت تولید رادیکال‌های آزاد و کاهش عملکرد راکیزه در مقابله با آن‌ها نقش داشته باشد.

۴) فعالیت ترکیبات پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)، می‌تواند با کاهش تولید یون اکسید، به عملکرد راکیزه در مبارزه با رادیکال‌های آزاد کمک کند.

پاسخ: گزینهٔ ۴ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ رادیکال‌های آزاد)*

خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد، کمبود الکترونی آن‌ها را جبران می‌کنند، به عبارتی خودشان فداکاری می‌کنند و الکترون از دست می‌دهند و این الکترون به رادیکال آزاد می‌رسد و دیگر کمبود الکترونی نخواهد داشت، پس این گونه مانع از اثر تخریبی آن‌ها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.درواقع فعالیت پاداکسنده‌ها ارتباطی به تولید یا عدم تولید یون اکسید ندارد. در صورت استفاده از پاداکسنده، هم‌چنان یون اکسید و حتی رادیکال آزاد تولید می‌شود، اما این رادیکال‌ها، بیشتر از قبل، خنثی می‌شوند.

دقت کنید مصرف پاداکسنده‌ها بر روی سرعت و یا میزان تولید رادیکال‌های آزاد اثری ندارد، بلکه باعث می‌شود سرعت مبارزه با این رادیکال‌ها از سرعت تولید بیشتر شود، در نتیجه اثر مخرب آن‌ها هم کم‌تر خواهد بود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

نقص در ژن‌های پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌تواند منجر به تولید پروتئین‌های معیوب شود. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد؛ در نتیجه میزان تجمع رادیکال‌های آزاد در یاخته افزایش می‌یابد. رادیکال‌های آزاد باعث آسیب به دنای یاخته (جهش) می‌شوند. این آسیب می‌تواند در نتیجهٔ دریافت الکترون توسط رادیکال آزاد از دنای یاخته باشد.

گاز کربن مونواکسید علاوه بر کاهش ظرفیت حمل اکسیژن در خون (به علت اتصال به جایگاه O_2 در هموگلوبین)، سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن نیز می‌شود. سیانید نیز با مهار واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 می‌تواند زنجیرهٔ انتقال الکترون را مهار کند (مختل‌کردن پمپ سوم زنجیره). در نتیجه هر دو ماده با متوقف‌کردن زنجیرهٔ انتقال الکترون، تولید یون اکسید را کاهش می‌دهند. وجود این یون هم برای تشکیل آب، ضروری است پس تولید آب در راکیزه مختل می‌شود.

دقت کنید سیانید واکنش نهایی زنجیرهٔ انتقال الکترون را مهار می‌کند نه آخرین واکنش تنفس یاخته‌ای را؛ چراکه بعد از زنجیره، ساخت ATP رخ می‌دهد؛ به عبارتی آخرین واکنش‌های مرتبط با تنفس یاخته‌ای، مربوط به ساخت ATP توسط آنزیم ATPساز است.

سیانید نوعی مادهٔ سمی است که با اشغال جایگاه فعال آنزیم، مانع قرارگیری پیش‌ماده در این جایگاه و در نتیجه مهار واکنش آنزیمی می‌شود *(فصل ۱ ـ زیست دوازدهم)*. تولید ترکیبات سیانیددار یکی از راه‌های دفاعی گیاهان در برابر جانوران گیاه‌خوار است که مصرف این گیاه سبب می‌شود سیانید سمی در بدن جانور آزاد شود و سبب مرگ آن شود. *(فصل ۹ ـ زیست یازدهم)*

در صورت اثر سیانید بر زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای داخلی راکیزه، ابتدا تولید یون اکسید و در نتیجه تولید مولکول آب متوقف می‌شود، در ادامه سایر اجزای زنجیره هم به تدریج متوقف می‌شوند؛ اما دقت کنید تا زمانی که اختلاف غلظت یون‌های هیدروژن بین دو سمت غشای داخلی راکیزه به صفر نرسد، تولید ATP توسط آنزیم ATPساز می‌تواند ادامه داشته باشد؛ اما در اثر سیانید، در نهایت عمل این آنزیم هم مختل می‌شود.

طی تنفس یاخته‌ای، مولکول آب در راکیزه فقط به دنبال فعالیت پمپ سوم زنجیره و تولید O^{2-} رخ نمی‌دهد، بلکه مثلن به دنبال تشکیل ATP (در چرخهٔ کربس یا فعالیت آنزیم ATPساز) هم می‌تواند رخ دهد.

محصول نهایی تخمیر الکلی، الکل (اتانول) است. مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آن‌ها می‌شود.

ترکیبات رنگی که در واکوئل‌ها و رنگ‌دیسه‌ها دیده می‌شوند، نوعی پاداکسنده هستند. در رنگ‌دیسه‌ها، رنگیزهٔ کاروتنوئید می‌تواند وجود داشته باشد. *(فصل ۶ ـ زیست دهم)*

به طور معمول در زنجیرهٔ انتقال الکترون، الکترون‌ها به O_2 می‌رسند، یون اکسید تشکیل می‌شود که در ادامه وارد واکنش تشکیل آب می‌شود، اما گاهی این اتفاق نمی‌افتد و درصدی از این O_2ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند و در نتیجهٔ دریافت الکترون، رادیکال آزاد تشکیل می‌شود. حضور پاداکسنده‌ها می‌تواند اثر تخریبی این رادیکال‌ها را کاهش دهد، اما برخی چیزها هم این اثر را بیشتر می‌کند. الکل از جمله موادی است که سرعت تولید رادیکال آزاد را افزایش می‌دهد.

تست و پاسخ ۴۹

نوعی از روش‌های تأمین انرژی در یاخته‌های یوکاریوتی که در بیش از دو واکنش آن، ترکیبات سه‌کربنی، بدون تغییر در تعداد اتم‌های کربن خود، به ترکیبات دیگری تبدیل می‌شوند، چه مشخصه‌ای دارد؟

تخمیر لاکتیکی

۱) در تمامی مراحل آن ترکیب(های) آلی فسفات‌دار تولید و مصرف خواهند شد.

۲) ترکیبی که در نهایت تولید می‌شود، تعداد اتم‌های کربن کم‌تری نسبت به پیرووات دارد.

۳) واکنشی از آن که با تولید ATP همراه است، در همهٔ یاخته‌های هر جاندار زنده رخ می‌دهد.

۴) طی آن، اکسایش محصول نهایی قندکافت، باعث تولید ترکیبی می‌شود که لازمه تداوم فرایند(های) تنفس یاخته‌ای است.

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تخمیر لاکتیکی)*

در تخمیر لاکتیکی، حین تبدیل قندهای سه‌کربنی تک‌فسفاته به اسیدهای سه‌کربنی دوفسفاته، اسیدهای سه‌کربنی دوفسفاته به پیرووات و مولکول پیرووات به لاکتیک اسید (مجموعن سه واکنش)، تغییری در تعداد اتم‌های کربن ایجاد نمی‌شود. حتمن به یاد دارید که تخمیر لاکتیکی با قندکافت شروع می‌شد، اما در تخمیر الکلی و تنفس هوازی، تنها دو واکنش اول که مربوط به گلیکولیز است، قابل مشاهده است و بعد از آن پیرووات به ترکیبی با تعداد اتم‌های کربن کم‌تر تبدیل می‌شود. در تمامی مراحل مربوط به این نوع روش تأمین انرژی در یاخته، (مراحل گلیکولیز و مرحلهٔ کاهش پیرووات)، ترکیب(های) آلی فسفات‌دار هم تولید و هم مصرف می‌شوند! مثلن در زمان کاهش‌یافتن پیرووات، NAD^+ تولید شده و NADH مصرف می‌شود که هر دو فسفات دارند.

طی تخمیر، ATP و NADH فقط در مرحلهٔ قندکافت تولید می‌شوند. هدف از بخش دوم این فرایندها، بازسازی NAD^+ است نه تولید ATP! اگر NAD^+ باشد، قندکافت دوباره ادامه می‌یابد و همان ATP کم را تولید می‌کند تا یاخته بتواند زنده بماند، ولی اگر NAD^+ نباشد، قندکافت رفته‌رفته متوقف می‌شود و همه‌چی تمام می‌شود!

بررسی سایر گزینه‌ها:

محصول نهایی در تخمیر لاکتیکی، لاکتات است که تعداد کربن برابری با پیرووات دارد.

در مرحلهٔ انتهایی قندکافت، ATP تولید می‌شود که فقط در یاخته‌های زنده رخ می‌دهد، در حالی که جانداران، یاخته‌های مرده هم دارند مثل آوندهای چوبی گیاهان یا اپیدرم پوست در انسان!

در طی تخمیر لاکتیکی، برای بازسازی NAD^+، پیرووات کاهش پیدا می‌کند؛ نه اکسایش!

تست و پاسخ ۵۰

چند مورد، معرف نوعی واکنش اکسایشی در جانداران است؟

- **تبدیل پیرووات به لاکتات در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم سیانوباکتری**
- **تبدیل پیرووات به بنیان استیل در یاخته‌های شش‌ریشهٔ درختان حرا**
- **تبدیل قند فسفاته به اسید دوفسفاته در سیتوپلاسم گویچهٔ قرمز انسان**
- **تبدیل رادیکال آزاد اکسیژن به مولکول اکسیژن طی واکنش با کاروتنوئیدها در کبد انسان**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۲ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ واکنش‌های اکسایش و کاهش)*

موارد دوم و سوم درست هستند.

دقت کنید واکنش‌های اکسایش و کاهش، همراه با هم رخ می‌دهند یعنی ماده‌ای اکسایش می‌یابد و در کنار آن مادهٔ دیگری کاهش می‌یابد. وقتی می‌گوییم کدام واکنش اکسایشی است، یعنی طی آن مادهٔ مورد سؤال! الکترون از دست داده است یا نه.

مورد اول: در تخمیر لاکتیکی، تبدیل پیرووات به لاکتات با کاهش‌یافتن پیرووات (دریافت الکترون توسط پیرووات) همراه است. این فرایند اکسایش محسوب نمی‌شود.

توجه داشته باشید که در باکتری‌ها میتوکندری وجود ندارد و فرایند اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس در همان مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم صورت می‌گیرد.

مورد دوم: تبدیل پیرووات به بنیان استیل در فرایند اکسایش پیرووات انجام می‌شود و با تولید NADH همراه است. یاخته‌های شش‌ریشهٔ درخت حرا دارای تنفس هوازی هستند.

مورد سوم: گویچه‌های قرمز انسان فقط توانایی انجام تخمیر لاکتیکی را دارند و در این فرایند ابتدا قندکافت (نخستین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای) رخ می‌دهد، طی قندکافت، در مرحلهٔ تبدیل قند فسفاته به اسید دوفسفاته، NADH نیز تولید می‌شود. NADH به دنبال دریافت الکترون‌ها توسط NAD^+ (کاهش این مولکول) تشکیل می‌شود، پس مولکولی باید اکسایش یافته باشد تا الکترون‌های لازم را تأمین کند و آن ماده کسی نیست جز قند فسفاته!

مورد چهارم: رادیکال‌های آزاد، مولکول‌هایی با الکترون‌های جفت‌نشده هستند یعنی کمبود الکترون دارند و در واکنش با پاداکسنده‌ها (مثل کاروتنوئیدها)، کمبود الکترون خود را با دریافت الکترون از این مولکول‌ها جبران می‌کنند، در واقع کاهش می‌یابند و پاداکسنده‌ها، اکسایش می‌یابند.

تست و پاسخ ۵۱

گلوکز جذب‌شده از لولهٔ گوارش انسان، درون یاخته‌ها می‌تواند در حضور ماده(های) دیگری، تجزیه شود و در تأمین انرژی مورد نیاز بدن مؤثر باشد. کدام مورد، دربارهٔ هر ماده‌ای که در مجموعهٔ این واکنش‌های تأمین‌کنندهٔ انرژی، به عنوان «پذیرندهٔ نهایی الکترون» شناخته می‌شود، صادق است؟

مولکول‌های پیرووات و اکسیژن

۱) در ساختار آن فقط یک نوع عنصر شرکت دارد.

۲) در طی مرحله قندکافت (گلیکولیز) نیز تولید می‌شود.

۳) با دریافت الکترون(ها)، به یونی با بار منفی تبدیل می‌شود.

۴) همواره، در جهت شیب غلظت خود از غشا(های) راکیزه (میتوکندری) عبور می‌کند.

پاسخ: گزینهٔ ۳ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ پذیرنده‌های الکترون)*

در یاخته‌های بدن انسان، تنفس یاخته‌ای هوازی و تخمیر لاکتیکی صورت می‌گیرد، که هر دو، با تجزیهٔ گلوکز همراه است. طی قندکافت که در هر دو فرایند مشترک است، تجزیهٔ گلوکز به دنبال مصرف مولکول ATP در نخستین مرحلهٔ قندکافت مشاهده می‌شود. پذیرندهٔ نهایی الکترون در تنفس هوازی، مولکول اکسیژن (O_2) و در تخمیر لاکتیکی، مولکول پیرووات می‌باشد.

اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود. در تخمیر لاکتیکی، پیرووات با دریافت الکترون، به لاکتات (نوعی ترکیب یونی با بار منفی) تبدیل می‌شود. (ترکیب یونی بودن و بار منفی داشتن لاکتات با توجه به شکل ۱۱ فصل ۵ زیست دوازدهم قابل استنباط است، هم‌چنین می‌دانیم لاکتات بنیان اسید لاکتیک است که یون هیدروژن خود را از دست داده است.)

گیرندهٔ نهایی الکترون:

۱) در تنفس هوازی ← مولکول معدنی اکسیژن است که با دریافت الکترون می‌تواند به شکل یون اکسید و یا رادیکال آزاد دربیاید.

۲) در تخمیر الکلی ← نوعی مولکول آلی و دوکربنی به نام اتانال است که با دریافت الکترون به شکل اتانول در می‌آید.

۳) در تخمیر لاکتیکی ← نوعی مولکول آلی و سه‌کربنی به نام پیرووات است که با دریافت الکترون به شکل لاکتات درمی‌آید.

دقت کنید در یاخته‌های ماهیچه‌ای، کراتین فسفات هم می‌تواند در تولید ATP یاخته نقش داشته باشد اما این واکنش فقط در یاخته‌های ماهیچه‌ای رخ می‌دهد و با مصرف گلوکز و O_2 هم، همراه نیست.

بررسی سایر گزینه‌ها:

در ساختار مولکول اکسیژن، فقط عنصر O (اکسیژن) شرکت دارد؛ در صورتی که در ساختار پیرووات، عناصر C، H و O حضور دارند.

در مرحلهٔ نهایی قندکافت، پیرووات تولید می‌شود، قندکافت هم در تنفس یاخته‌ای رخ می‌دهد و هم در تخمیر لاکتیکی! در طی قندکافت، اکسیژن نه تولید و نه مصرف می‌گردد.

مولکول اکسیژن برای ورود به میتوکندری، **از طریق انتشار ساده** از غشاهای خارجی و داخلی میتوکندری عبور می‌کند؛ اما دقت کنید مولکول پیرووات **از طریق انتقال فعال** وارد راکیزه می‌شود و در آن‌جا اکسایش می‌یابد.

تست و پاسخ ۵۲

مطابق با اطلاعات کتاب درسی مواد سمی از جمله سیانید و مونواکسید کربن وجود دارند که سبب توقف تنفس یاخته‌ای و مرگ یاخته می‌شوند، چند مورد ویژگی مشترک این مواد را نشان می‌دهد؟

- **فقط با قرارگرفتن در جایگاه فعال نوعی آنزیم، در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کنند.**
- **به طور حتم در یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی اختلال ایجاد می‌کنند.**
- **می‌توانند واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به مولکول O_2 را مهار کنند.**
- **نتیجهٔ نهایی عملکرد آن‌ها می‌تواند مانع از ساخت اکسایشی مولکول‌های ATP شود.**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۳ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ توقف زنجیرهٔ انتقال الکترون)*

موارد دوم، سوم و چهارم به درستی بیان شده است.

برخی از عوامل مختل‌کنندهٔ تنفس یاخته‌ای

۱) سیانید

واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌شود.

سیانید ابتدا در فعالیت پمپ سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون اختلال ایجاد می‌کند! اما کم‌کم کل زنجیره از کار می‌افتد.

در صورت اثر سیانید بر زنجیرهٔ انتقال الکترون، ابتدا تولید یون اکسید و در نتیجه مولکول آب متوقف می‌شود، ولی تا زمانی که اختلاف غلظت یون هیدروژن بین دو سمت غشای داخلی به صفر برسد، تولید ATP توسط آنزیم ATPساز ادامه خواهد یافت.

۲) گاز کربن مونواکسید (CO):

گاز کربن مونواکسید از دو طریق در تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند:

اول: با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود ← به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود ← ظرفیت حمل اکسیژن در خون کاهش می‌یابد ← اختلال در تنفس یاخته‌ای

دوم: باعث توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن در تنفس یاخته‌ای می‌شود ← ممانعت از تشکیل یون اکسید و در نتیجه آب ← از بین‌رفتن شیب پروتونی لازم جهت ساخت ATP به دلیل اختلال در عملکرد پمپ‌های هیدروژنی زنجیره

بررسی همهٔ موارد:

مورد اول: نادرست؛ سیانید با قرارگرفتن در جایگاه فعال آنزیم (پمپ سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون)، مانع فعالیت آن می‌شود. کربن مونواکسید هم می‌تواند مانند سیانید فعالیت این پمپ را مختل کند و مانع رسیدن الکترون‌ها به اکسیژن شود. اما دقت کنید کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع اتصال O_2 به آن نیز می‌شود، چراکه جایگاه اتصال O_2 و کربن مونواکسید در هموگلوبین، یکسان است در نتیجه ظرفیت حمل اکسیژن در خون را نیز کاهش می‌دهد که به دنبال آن تنفس یاخته‌ای را مختل می‌کند. هموگلوبین، نوعی آنزیم نیست!

فقط آنزیم‌ها، مولکول‌هایی نیستند که دارای جایگاه اختصاصی برای اتصال مولکول(های) دیگر هستند. مثلن گیرنده‌ها نیز، جایگاهی دارند که اختصاصی عمل می‌کند و مثلن به یک نوع پیک خاص یا آنتی‌ژن متصل می‌شود. هموگلوبین نیز دارای جایگاهی است که به آن O_2 و CO متصل می‌شود که این جایگاه با جایگاه اتصال CO_2 به هموگلوبین متفاوت است.

مورد دوم: درست؛ سیانید همانند CO، واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌شود. سیانید و مونواکسید کربن به طور مستقیم فعالیت پمپ سوم زنجیره را مختل می‌کنند، اما به دنبال این اختلال، در ادامه سایر بخش‌های زنجیره و تنفس یاخته‌ای نیز مختل می‌شود و در نهایت به دلیل توقف واکنش‌های تنفس هوازی، یاخته، می‌میرد.

مورد سوم: درست؛ طبق متن کتاب درسی، هر دو ماده می‌توانند واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار کنند.

مورد چهارم: درست؛ دقت کنید هر دو ماده در توقف زنجیرهٔ انتقال الکترون در راکیزه نقش دارند؛ پس در نهایت از ساخت اکسایشی مولکول‌های ATP توسط آنزیم ATPساز نیز ممانعت به عمل می‌آورند. فعالیت آنزیم ATPساز وابسته به شیب غلظت H^+ است که در نتیجهٔ فعالیت پمپ‌های پروتئینی زنجیره ایجاد می‌شود، پس وقتی شیب H^+ نباشد، این آنزیم هم کار نمی‌کند و تولید اکسایشی ATP هم متوقف می‌شود.

تولید ATP توسط آنزیم ATPساز، جزئی از زنجیرهٔ انتقال الکترون نیست؛ بلکه در صورت عملکرد این زنجیره، شرایط لازم برای تولید ATP فراهم می‌شود.

تست و پاسخ ۵۳

مواد زائد دفعی حاصل از یاخته‌های هسته‌دار انسان می‌تواند با دخالت گروهی از یاخته‌های گردیزه (نفرون) از خون به مجاری ادراری راه یابند و از بدن دفع شوند. کدام ویژگی، دربارهٔ همهٔ این یاخته‌ها صادق است؟

یاخته‌های مؤثر در تراوش و ترشح

۱) با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس، مولکول گلوکز را تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه می‌کنند.

۲) اولین مولکولی که در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای آن‌ها دچار اکسایش می‌شود، نوعی اسید سه‌کربنی است.

۳) تمام ATP مورد نیاز یاخته ازطریق برداشته‌شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار تولید می‌شود.

۴) به منظور ساخت اکسایشی ATP، فقط از پروتئین‌های سازندهٔ زنجیرهٔ انتقال الکترون استفاده می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تنفس یاخته‌ای)*

منظور صورت سؤال از یاخته‌های هسته‌دار انسان که مواد زائد دفعی تولید می‌کنند؛ همهٔ یاخته‌های هسته‌دار و فعال بدن فرد است و هم‌چنین منظور از گروهی از یاخته‌های گردیزه (نفرون) که در دفع مواد زاید از خون به نفرون (مجاری ادراری) نقش دارند، یاخته‌های پودوسیت در کپسول بومن (مؤثر در تراوش) و یاخته‌های لوله‌های پیچ‌خوردهٔ دور و نزدیک، هنله و مجرای جمع‌کننده (مؤثر در ترشح) هستند. با توجه به نامفهوم‌بودن صورت سؤال می‌توان دو حالت برای یاخته‌های مد نظر صورت سؤال در نظر گرفت:

حالت (الف): یاخته‌های انسان که مواد زائد دفعی تولید می‌کنند: همهٔ یاخته‌های هسته‌دار و فعال فرد

حالت (ب): گروهی از یاخته‌های گردیزه و مجرای جمع‌کننده که در دفع مواد زائد از خون به مجاری ادراری نقش دارند: یاخته‌های پودوسیت + یاخته‌های لوله‌های ادراری. در همهٔ این یاخته‌ها (الف و ب)، تنفس یاخته‌ای رخ می‌دهد.

با توجه به توضیحات بالا می‌توان این‌طور برداشت کرد که طراح چه حالت «الف» و چه حالت «ب» را مد نظر داشته باشد به دنبال گزینه‌ای است که کلی و همواره درست باشد و از بین گزینه‌ها تنها برای همهٔ یاخته‌های مذکور صادق می‌شود. البته دقت کنید که سایر گزینه‌ها غلط هستند و می‌توان با رد گزینه نیز حتی به جواب درست رسید. سبک این سؤال مشابه یکی از سؤالات کنکور سراسری دی‌ماه ۱۴۰۱ می‌باشد.

همهٔ یاخته‌های مذکور، یاخته‌هایی زنده و فعال و دارای تنفس هوازی (واجد میتوکندری) هستند؛ بنابراین با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس، مولکول گلوکز را تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

اولین مولکولی که در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای (طی گلیکولیز)، دچار اکسایش می‌شود، **نوعی قند سه‌کربنی (قند فسفاته)** است که الکترون خود را به مولکول NAD^+ می‌دهد و سبب ایجاد حامل الکترون (NADH) و مولکول اسید دوفسفاته می‌شود؛ پس این مورد دربارهٔ هیچ‌یک از این یاخته‌ها صادق نیست.

برخی از اولین‌ها و آخرین‌ها در تنفس یاخته‌ای:

۱) اولین مولکول دریافت‌کنندهٔ الکترون ← NAD^+ ۲) آخرین مولکول دریافت‌کنندهٔ الکترون ← O_2 ۳) اولین ترکیب کربنی فاقد فسفات ← گلوکز ۴) آخرین مولکول تشکیل‌شده در فرایند ← ATP ۵) اولین ترکیبی که CO_2 از دست می‌دهد ← پیرووات.

@Azmoniko1

همهٔ یاخته‌های زنده و دارای سوخت و ساز، در طی مرحلهٔ نخست تنفس یاخته‌ای (قندکافت)، ATP را در سطح پیش‌ماده تولید می‌کنند. اما دقت کنید که در صورت داشتن تنفس هوازی در یاخته، تولید ATP به صورت اکسایشی (استفاده از فسفات آزاد) هم صورت می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که در همهٔ یاخته‌های مورد سؤال، تنها بخشی از ATP مورد نیاز یاخته، ازطریق برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (در سطح پیش‌ماده) تولید می‌شود.

هیچ‌یک از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون توانایی تغییر در میزان فسفات آزاد درون میتوکندری را ندارند؛ چراکه نه ATP تشکیل می‌دهند و نه آن را مصرف می‌کنند. در بخش داخلی میتوکندری، تغییر فسفات‌های آزاد به جهت تولید ATP می‌تواند توسط آنزیم ATP ساز مستقر در غشای داخلی انجام شود.

به منظور ساخت اکسایشی ATP در میتوکندری‌های یاخته‌های مذکور، علاوه بر اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون، پروتئین ATPساز نیز فعالیت می‌کند که از اجزای سازندهٔ زنجیره محسوب نمی‌شود. اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون، با فعالیت خود شیب H^+ لازم برای فعالیت آنزیم ATPساز را فراهم می‌کنند.

تست و پاسخ ۵۴

به ترتیب هریک از عبارات زیر مربوط به کدام قسمت جدول است؟

(بهترین گزینه را انتخاب کنید)

- **عدم استفاده از انرژی ذخیره‌شده در مولکول NADH برای تولیدATP**
- **شکست پیوند کربن ـ کربن و آزادسازی مولکول کربن دی‌اکسید از آن**
- **توقف واکنش انتقال الکترون‌ها به گیرندهٔ نهایی آن در حضور سیانید**
- **مبادلهٔ الکترون آن با نوعی ترکیب دونوکلئوتیدی**

انواع روش‌های تأمین انرژی در یاخته‌ها		
روش	وضعیت نهایی مولکول پیروووات	ویژگی
تنفس هوازی	ه	ب
تخمیر لاکتیکی	د	الف
تخمیر الکلی	و	ج

۱) الف ـ و ـ ب ـ د
۲) ج ـ د ـ الف ـ ه
۳) ج ـ و ـ الف ـ ه
۴) الف ـ ه ـ ب ـ و

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ روش‌های تأمین انرژی در یوکاریوت‌ها)*

برای حل این سؤال دقت کنید که عبارات مطرح‌شده می‌توانند برای بیش از یک روش صحیح باشند؛ اما شما باید گزینه‌ای را انتخاب کنید که ترتیب درستی با توجه به نام‌گذاری‌های جدول ارائه می‌دهد.

بررسی موارد مطرح‌شده :

- **عدم استفاده از انرژی ذخیره‌شده در مولکول NADH برای تولیدATP** : در تنفس هوازی، از انرژی ذخیره‌شده در NADH طی زنجیرهٔ انتقال الکترون برای تولید ATP بیشتر در یاخته استفاده می‌شود. در فرایند **تخمیر (هم لاکتیکی، هم الکلی)** مولکول NADH، الکترون خود را به ترکیب پذیرندهٔ آلی می‌دهد تا NAD^+ به منظور تداوم قندکافت بازسازی شود، اما انرژی ذخیره‌شده در آن‌ها به صورت مستقیم برای تولید ATP بیشتر در یاخته مصرف نمی‌شود. طی تخمیر، فقط در قندکافت ATP تولید می‌شود پس «الف» و «ج» می‌تواند درست باشد.
- **شکست پیوند کربن ـ کربن و آزادسازی مولکول کربن دی‌اکسید از آن**: **در تنفس هوازی**، پیروووات اکسایش می‌یابد که طی آن با آزادشدن دی‌اکسید کربن (شکست پیوند کربن ـ کربن) **بنیان استیل** (ترکیب دوکربنی) تشکیل می‌شود. هم‌چنین در طی چرخهٔ کربس نیز پیوند کربن ـ کربن شکسته می‌شود و کربن دی‌اکسید آزاد می‌شود. **در تخمیر الکلی** نیز پیروووات درون مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم، با آزادکردن کربن دی‌اکسید به **ترکیبی دو کربنی (اتانال)** تبدیل می‌شود. در تخمیر لاکتیکی، پیروووات به لاکتیک‌اسید تبدیل می‌شود و مولکول کربن دی‌اکسید آزاد نمی‌شود؛ پس «ه» و «و» می‌تواند درست باشد.
- **توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به گیرندهٔ نهایی آن توسط سیانید**: **زنجیرهٔ انتقال الکترون فقط مربوط به تنفس هوازی است.** سیانید می‌تواند واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به گیرندهٔ نهایی زنجیرهٔ انتقال الکترون یا همان O_2 را مهار کند. پس، فقط «ب» می‌تواند درست باشد.
- **مبادلهٔ الکترون آن با نوعی ترکیب دونوکلئوتیدی**: در تنفس هوازی، طی اکسایش پیروووات، پیروووات، الکترون از دست می‌دهد و آن را به مولکول NAD^+ که ترکیبی دونوکلئوتیدی است، منتقل می‌کند. در تخمیر لاکتیکی نیز پیروووات، کاهش می‌یابد و الکترون‌های مولکول NADH را دریافت می‌کند (در تخمیر الکلی، پیروووات مبادلهٔ الکترونی با NAD^+ یا NADH ندارد). پس موارد «ه» و «د» می‌توانند درست باشند.

تست و پاسخ ۵۵

کدام گزینه، متن زیر را به طور نامناسب کامل می‌کند؟

«طی مراحل تنفس در یاختهٔ عصبی انسان، به ازای تجزیهٔ یک مولکول گلوکز، از مرحلهٔ تغییر مولکول قند سه‌کربنی فسفاته تا تشکیل ترکیب شش‌کربنی و آزاد شدن کوآنزیم A در چرخهٔ کربس، به ترتیب از راست به چپ، دو مولکول ..... مصرف و دو مولکول ..... تولید می‌شود.»

۱) بنیان استیل در راکیزه (میتوکندری) ـ CO_2 در بخش داخلی راکیزه (میتوکندری)

۲) ترکیب چهارکربنی در راکیزه (میتوکندری) ـ پیرووات در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم

۳) NAD^+ در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم ـ استیل کوآنزیم A طی واکنش‌های آنزیمی

۴) ATP در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم ـ NADH درون راکیزه (میتوکندری)

پاسخ: گزینهٔ ۴ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تنفس یافته‌ای)*

صورت سؤال، شامل مراحل سوم و چهارم قندکافت در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم، اکسایش پیرووات و نخستین واکنش چرخهٔ کربس در میتوکندری (واکنش اتصال استیل کوآنزیم A به مولکول چهارکربنی و جداشدن کوآنزیم A از آن و تشکیل ترکیب شش‌کربنی) است.

این مراحل شامل تبدیل اسید فسفاته به پیرووات هم می‌شود که طی آن، به ازای هر گلوکز ۴ مولکول ATP (طی قندکافت و در سطح پیش‌ماده) تولید می‌شود. NADH طی قندکافت در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم و طی اکسایش پیرووات در راکیزه تولید می‌شود. طی این واکنش‌ها، به ازای هر گلوکز ۲ مولکول NADH طی اکسایش پیرووات در راکیزه تولید می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

در طی مسیر واکنش‌های مطرح‌شده، ۲ مولکول کربن دی‌اکسید درون میتوکندری (طی اکسایش پیرووات) تولید می‌شود و ۲ مولکول بنیان استیل به منظور تشکیل استیل‌کوآنزیم A، مصرف می‌شود.(به ازای هر گلوکز، دو پیرووات مصرف و دو استیل کوآنزیم A تولید می‌شود.)

در قندکافت در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم، دو مولکول پیرووات به عنوان محصولات نهایی قندکافت، تولید می‌شوند. دقت کنید که در نخستین مرحلهٔ چرخهٔ کربس، ترکیب چهارکربنی با استیل کوآنزیم A ترکیب می‌شود؛ پس به ازای هر گلوکز، دوترکیب چهارکربنی مصرف می‌شود. چراکه به ازای هر گلوکز، چرخهٔ کربس، دو بار رخ می‌دهد.

در طی مسیر واکنش‌های مذکور، ۲ مولکول استیل کوآنزیم A درون میتوکندری تولید شده و هم‌چنین ۲ مولکول NAD^+ نیز در طی واکنش‌های قندکافت مصرف شده و سبب تشکیل دو مولکول NADH شده‌اند.

تست و پاسخ ۵۶

کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

«در یک فرد سالم، هنگام هر نوع روش تأمین ATP در ..... ، به دنبال افزایش ..... در یاخته، ..... می‌شود.»

۱) هر گویچهٔ سفید خونی ـ فعالیت آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخهٔ کربس ـ به ازای مصرف هر گلوکز کم‌تر از ۳۰ مولکول ATP تولید

۲) هر یاختهٔ حاصل از تمایز یاخته‌های بنیادی میلوئیدی ـ فعالیت پمپ‌های غشای داخلی راکیزه ـ میزان تولید رادیکال‌های آزاد در یاخته، افزوده

۳) هر یاختهٔ حاصل از تمایز مونوسیت ـ تولید مولکول‌های حامل الکترون (NADH و $FADH_2$) ـ از تولید لاکتیک‌اسید کاسته

۴) هر نوع تارماهیچه‌ای ـ مصرف پیرووات سه‌کربنی ـ بر تولید مولکول‌های آب در بخش داخلی میتوکندری افزوده

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تأمین انرژی در یافته)*

تنظیم تنفس یاخته‌ای

۱) حداکثر ATP تولیدی در یک یاختهٔ یوکاریوتی و در بهترین شرایط به ازای مصرف هر گلوکز ۳۰ مولکول ATP است.

۲) اگر در یاخته ATP بیشتری نسبت به ADP وجود داشته باشد، آنزیم‌های قندکافت و کربس مهار می‌شوند؛ ولی اگر این میزان کم‌تر باشد، تولید ATP با فعال‌شدن آنزیم‌ها بیشتر می‌شود.

۳) هدف از تنظیم تنفس یاخته‌ای، Save منابع تأمین‌کنندهٔ انرژی در بدن است که می‌تواند انواع مختلفی از مواد مغذی مثل گلوکز، لیپیدها و حتی پروتئین‌ها باشد که بسته به نوع مادهٔ مصرفی میزان ATP تولیدی می‌تواند متفاوت باشد.

۴) NADH و $FADH_2$ به طور غیرمستقیم در تولید ATP نقش دارند و از آن‌جایی که به ازای هر گلوکز، NADH بیشتری (نسبت به $FADH_2$) تولید می‌شود و هم‌چنین، الکترون‌های آن علاوه بر پمپ‌های ۲ و ۳ زنجیره، از پمپ اول زنجیره هم عبور می‌کنند، می‌توان گفت به ازای هر NADH، ATP بیشتری نیز تولید می‌شود.

ائوزینوفیل‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها، بازوفیل‌ها و لنفوسیت‌ها از جمله گویچه‌های سفید خون هستند. این یاخته‌ها، ATP مورد نیاز خود را از راه تنفس هوازی به دست می‌آورند. افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخهٔ کربس به معنای **افزایش تنفس هوازی** است. دقت کنید مقدار ATP تولیدشده در ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در یاختهٔ یوکاریوتی در بهترین شرایط در حداکثر مقدار ممکن خواهد بود که طبق کتاب درسی، ۳۰ مولکول ATP است. اما خب یک یاختهٔ یوکاریوتی در بدن انسان، لزومن در بهترین شرایط خود نیست و این عدد می‌تواند کم‌تر باشد. ۳۰ مولکول ATP مربوط به شرایط بهینهٔ آزمایشگاهی است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

ائوزینوفیل‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها، بازوفیل‌ها ، مگاکاریوسیت و گویچهٔ قرمز، انواع یاخته‌های حاصل از یاخته‌های بنیادی میلوئیدی هستند. به دنبال افزایش تنفس هوازی (افزایش فعالیت پمپ‌های غشای داخلی راکیزه)، الکترون‌های بیشتری به O_2 منتقل می‌شود و در نتیجه احتمال تولید رادیکال‌های آزاد نیز افزایش می‌یابد اما دقت کنید که گویچه‌های قرمز بالغ فاقد چرخهٔ کربس، اکسایش پیرووات و زنجیرهٔ انتقال الکترون (فاقد میتوکندری) هستند.

ماکروفاژ و یاختهٔ دندریتی از تمایز مونوسیت‌ها در بافت‌ها (خارج از خون) ایجاد می‌شوند. با افزایش تنفس هوازی، مولکول‌های حامل الکترون ($NADH$ و $FADH_2$) بیشتری نیز تولید می‌شوند. این یاخته‌ها فاقد توانایی تخمیر لاکتیکی هستند. بنابراین افزایش تنفس هوازی در آن‌ها ارتباطی با تغییر در تولید لاکتیک اسید درون یاخته ندارد؛ به بیان دیگر در این یاخته لاکتیک اسیدی تولید نمی‌شود که حالا بخواهد مقدار آن کم‌تر شود.

تارهای ماهیچه‌ای، شامل تار کند (به میزان بیشتری تنفس هوازی دارند و به میزان کم‌تری تخمیر) و تار تند (میزان بیشتری تخمیر لاکتیکی و میزان کم‌تری، تنفس هوازی دارند) است. در تارهای کند که در آن‌ها تنفس هوازی بیشتری صورت می‌گیرد، پیرووات وارد اکسایش پیرووات و سایر مراحل تنفس هوازی می‌شود؛ در نتیجهٔ تنفس هوازی بیشتر تولید مولکول‌های آب در بخش داخلی میتوکندری به دنبال ترکیب یون اکسید و یون‌های هیدروژن افزایش می‌یابد. در تارهای تند، بیشتر انرژی از راه تخمیر لاکتیکی تأمین می‌شود پس به دنبال افزایش مصرف پیرووات، تخمیر لاکتیکی بیشتری (نسبت به تنفس هوازی) رخ می‌دهد. در نتیجه تولید مولکول‌های آب در بخش داخلی راکیزه، افزوده نمی‌شود.

تست و پاسخ ۵۷

در غشای چین‌خوردهٔ میتوکندری، پروتئین(های) سراسری وجود دارند که الکترون‌های جداشده از انواع مختلف حامل‌های الکترونی را از خود عبور می‌دهند. چند مورد، فقط در مورد یکی از آن‌ها درست است؟

پمپ دوم و سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون

الف) در اکسایش $FADH_2$ برخلاف NADH نقش دارد.

ب) آخرین پذیرندهٔ الکترون در تنفس یاخته‌ای محسوب می‌شود.

ج) در تأمین شیب پروتونی لازم برای فعالیت آنزیم ATPساز نقش دارد.

د) الکترون‌ها را به مولکولی انتقال می‌دهد که توانایی پمپ H^+ را ندارد.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۱ *(زیست دوازدهم- فصل ۵- زنجیرهٔ انتقال الکترون)*

همهٔ موارد نادرست هستند.

در یک زنجیرهٔ انتقال الکترون، به پمپ اول زنجیره فقط الکترون‌های NADH منتقل می‌شوند، اما الکترون‌های NADH و $FADH_2$، طی جابه‌جایی الکترون‌ها در زنجیره، می‌توانند به پمپ‌های دوم و سوم زنجیره هم برسند.

بررسی همهٔ موارد:

الف) هیچ‌کدام از این پمپ‌ها، در اکسایش مستقیم این حامل‌های الکترونی نقش ندارند. جزء اول زنجیره، NADH و جزء دوم زنجیره (پروتئین سراسری نیست)، $FADH_2$ را اکسایش می‌دهد.

ب) آخرین پذیرندهٔ الکترون در تنفس یاخته‌ای، O_2 است که با رسیدن الکترون‌ها به آن، این زنجیره پایان می‌یابد.

ج) هر دو پروتئین مورد نظر، پمپ H^+ را از بخش داخلی راکیزه به فضای بین دو غشای آن انجام می‌دهند. این H^+ها هم در تأمین انرژی لازم برای فعالیت آنزیم ATPساز ضروری هستند. شیب پروتونی از فضای بین دو غشا به سمت بخش داخلی راکیزه، تأمین‌کنندهٔ انرژی لازم برای ساخت ATP است.

د) پمپ دوم، الکترون‌ها را به جزء چهارم زنجیره انتقال می‌دهد که پمپ پروتونی نیست. پمپ سوم هم، الکترون‌ها را به O_2 انتقال می‌دهد که آن هم پمپ کنندهٔ H^+ نیست.

جمع‌بندی زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای داخلی راکیزه ... @Azmoniko1

اجزای بزرگ	مولکول‌های پروتئینی غشایی هستند + در تماس با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی غشای داخلی راکیزه هستند + دارای بخش‌هایی هستند که با بخش داخلی و فضای بین دو غشای میتوکندری در تماس هستند + یون‌های هیدروژن را برخلاف شیب غلظت با استفاده از انرژی حاصل از جابه‌جایی الکترون‌ها به فضای بین دو غشا پمپ می‌کنند.	
	پمپ اول	اولین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون است. با دریافت الکترون‌های NADH، باعث اکسایش آن و کاهش خودش می‌شود. تنها عضوی از زنجیره است که به طور مستقیم از NADH الکترون می‌گیرد.
	پمپ دوم	سومین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون است. بین دو عضو کوچک‌تر زنجیرهٔ انتقال الکترون قرار دارد. الکترون‌های NADH و $FADH_2$ را، به طور غیرمستقیم (از جزء دوم زنجیره) دریافت می‌کند. الکترون را مستقیمن از اولین بخش کوچک زنجیره دریافت و به دومین بخش کوچک، منتقل می‌کند.
	پمپ سوم	پنجمین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون است. الکترون‌های دریافتی را به اکسیژن مولکولی منتقل می‌کند. فعالیت آن تحت تأثیر سیانید و کربن مونواکسید دچار اختلال می‌شود. نتیجهٔ فعالیت آن تشکیل یون اکسید و در نهایت مولکول آب خواهد بود. (البته اگر مولکول‌های اکسیژن، وارد واکنش تشکیل آب نشوند امکان تشکیل رادیکال آزاد هم وجود دارد.)
اجزای کوچک	اندازهٔ کوچک‌تری نسبت به پمپ‌ها دارند + توانایی پمپ‌کردن پروتون‌ها را ندارند.	
	بین پمپ ۱ و ۲	دومین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون است. با دریافت الکترون‌های $FADH_2$، باعث اکسایش آن و کاهش خودش می‌شود. بین دو لایهٔ فسفولیپیدی غشای داخلی میتوکندری قرار دارد.
	بین پمپ ۲ و ۳	چهارمین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون است. با فسفولیپیدهای لایهٔ خارجی غشای داخلی میتوکندری در ارتباط است.

اولین جزئی از زنجیرهٔ انتقال الکترون که الکترون‌های NADH را دریافت می‌کند، نوعی پمپ پروتئینی می‌باشد که با هر دو لایهٔ غشای درونی میتوکندری در تماس است. هم‌چنین بخش‌هایی از آن با بخش داخلی و فضای بین دو غشای راکیزه در تماس هستند.

طی عملکرد زنجیرهٔ انتقال الکترون، آخرین مولکولی که الکترون‌های $FADH_2$ را دریافت می‌کند، O_2 می‌باشد که یون‌های هیدروژن را از خود عبور نمی‌دهد.

تست و پاسخ ۵۸

مرحله‌ای از واکنش‌های تنفس یاخته‌ای هوازی ماهیچه‌های قلبی انسان در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم انجام می‌شود. با درنظر گرفتن این مرحله، کدام گزینه نسبت به سایرین زودتر رخ می‌دهد؟

قندکافت

۱) یک نوع ترکیب دارای سه اتم کربن، پس از دریافت یک مادهٔ آلی، خاصیت اسیدی پیدا می‌کند.

۲) نوکلئوتیدهای دارای قند پنج‌کربنهٔ ریبوز، با دریافت فسفات از ترکیبی اسیدی به مولکول ATP تبدیل می‌شوند.

۳) پس از جداشدن گروه‌های فسفات از ترکیبی شش‌کربنه، پیوند اشتراکی بین دو اتم کربن آن شکسته خواهد شد.

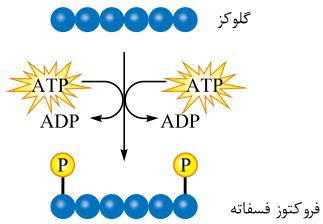
۴) در واکنشی که با آزادشدن الکترون و انتقال آن به مولکولی نوکلئوتیدی همراه است، مقدار فسفات آزاد سیتوپلاسم کاهش می‌یابد.

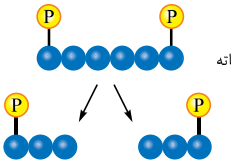
پاسخ: گزینهٔ ۴ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ قندکافت)*

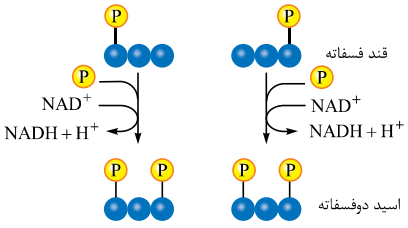
بخشی از واکنش‌های تنفس یاخته‌ای هوازی که در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم انجام می‌شود، گلیکولیز (قندکافت) است. در واکنشی که قند سه‌کربنه تک‌فسفاته اکسایش می‌یابد (انتقال الکترون‌ها به NAD^+ و تشکیل NADH)، برای تشکیل اسید دوفسفاته، فسفات به این مولکول سه‌کربنی (قند فسفاته) متصل خواهد شد و چون این فسفات، نوعی فسفات آزاد است، از این طریق، مقدار فسفات آزاد درون یاخته کاسته خواهد شد.

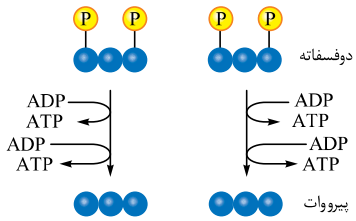
قندکافت و جزئیاتش را می‌توانید در جدول زیر ببینید:

مراحل قندکافت	۱	مواد مصرفی ← یک مولکول گلوکز و دو مولکول ATP مواد تولیدی ← یک مولکول فروکتوز فسفاته و دو مولکول ADP[1] این مرحلهٔ قندکافت، انرژی‌خواه است. هر فسفات جداشده از یک ATP به یکی از کربن‌های ابتدایی یا انتهایی گلوکز متصل می‌شود. در این مرحله، ۳ مولکول دوفسفاته از دو نوع تولید می‌شود؛ دو مولکول ADP و یک فروکتوز فسفاته! در این مرحله، مولکول قندی مصرف و نوعی دیگر تولید می‌شود.
	۲	مواد مصرفی ← یک مولکول فروکتوز فسفاته مواد تولیدی ← دو مولکول قند فسفاته تعداد کربن و فسفات هر قند فسفاته، نصف مادهٔ مصرفی است. پیوند اشتراکی بین کربن‌ها شکسته می‌شود! در این مرحله، نوعی مولکول قندی مصرف و نوعی دیگر از آن تولید می‌شود.
	۳	مواد مصرفی ← دو مولکول قند فسفاته + دو مولکول NAD^+ + دو فسفات[2] مواد تولیدی ← دو مولکول اسید دوفسفاته + دو مولکول NADH + دو یون هیدروژن در این مرحله از فسفات‌های آزاد در سیتوپلاسم استفاده می‌شود. در این مرحله، واکنش‌های اکسایش و کاهش رخ می‌دهد. نوعی مولکول سه‌کربنی اکسایش می‌یابد و الکترون‌هایش را می‌دهد به NAD^+، NAD^+ هم کاهش می‌یابد و می‌شود NADH! در این مرحله، مولکول قندی مصرف، ولی مولکولی با خاصیت اسیدی تولید می‌شود.
	۴	مواد مصرفی ← دو مولکول اسید دوفسفاته + چهار مولکول ADP مواد تولیدی ← دو مولکول پیرووات + ۴ مولکول ATP دقت کنید که بازده خالص قندکافت ۲ مولکول ATP است؛ به دلیل این‌که در مرحلهٔ اول، ۲تا ATP مصرف می‌شود. در این مرحله از هر اسید دوفسفاته طی دو مرحله دو مولکول ATP ایجاد می‌شود. ATPها به روش تولید در سطح پیش‌ماده، تولید می‌شوند. در این مرحله، ۶ مولکول دوفسفاته از دو نوع مصرف می‌شود.









۱ـ به دنبال شکستن پیوندها آب مصرف می‌شود و به دنبال تشکیل آن‌ها، آب تولید می‌شود که این‌ها در توضیحات در نظر گرفته نشده است، ولی بدانید که آب هم یکی از محصولات نهایی قندکافت است.

۲ـ مرحلهٔ ۳ و ۴ طی دو مسیر جدا از هم انجام می‌شود اما این‌جا به طور کلی در نظر گرفتیم!

بررسی سایر گزینه‌ها:

در گلیکولیز این رویداد مشاهده نمی‌شود. ترکیبات اسیدی قندکافت، اسید دوفسفاته و پیرووِیک اسید هستند. پیرووِیک اسید به دنبال از دست دادن فسفات‌های اسید دوفسفاته تشکیل می‌شود. خود اسید دوفسفاته هم، به دنبال انتقال فسفات به قند فسفاته تشکیل می‌شود. فسفات، مادهٔ آلی نیست.

در گام آخر گلیکولیز، ADP با دریافت فسفات از ترکیبی اسیدی (اسیدهای دوفسفاته) به ATP تبدیل خواهد شد.

در فرایند قندکافت این اتفاق مشاهده نمی‌شود. دقت کنید که گرچه در فروکتوز فسفاته که ترکیبی شش‌کربنه است، بین دو کربن آن، پیوندی اشتراکی شکسته می‌شود، اما طی این واکنش، فسفات‌ها از فروکتوز جدا نمی‌شوند.

تست و پاسخ ۵۹

کدام مورد برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

«در انسان، ..... مولکول‌های رادیکال آزاد تولیدشده در پی ترکیب اکسیژن با الکترون(ها) درون راکیزه (میتوکندری)، به طور حتم .....»

۱) بسیاری از ـ با یون‌های هیدروژن ترکیب شده و مولکول‌های آب را ایجاد می‌کنند

۲) همهٔ ـ برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های زیستی سازندهٔ یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند

۳) فقط برخی از ـ به علت داشتن الکترون(های) جفت‌نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند

۴) فقط بعضی از ـ می‌توانند در آینده در ایجاد تودهٔ یاخته‌ای در اثر تقسیمات میتوز تنظیم‌نشده نقش داشته باشند

پاسخ: گزینهٔ ۴ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ رادیکال‌های آزاد)*

تومور (خوش‌خیم یا بدخیم)، تودهٔ یاخته‌ای است که در اثر تقسیمات میتوز تنظیم نشده ایجاد شده است. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان (تومور بدخیم)اند.دقت کنید لزومن هر رادیکال آزادی در یاخته‌ها سبب بروز سرطان نمی‌شود؛ مثلن ممکن است آسیبی که به ساختارهای یاخته‌ای وارد می‌شود سبب شود، یاخته بمیرد و یا حتی این رادیکال‌ها، ممکن است خنثی شوند (مثلن توسط پاداکسنده‌ها)

بررسی سایر گزینه‌ها:

یون‌های اکسید (در پی دریافت الکترون توسط اکسیژن در زنجیرهٔ انتقال الکترون، تولید می‌شوند) با یون‌های هیدروژن ترکیب شده و مولکول‌های آب را ایجاد می‌کنند. دقت کنید که یون‌های اکسید رادیکال آزاد نمی‌باشند. رادیکال آزاد به طور مستقیم از اکسیژن ایجاد می‌شود.

رادیکال‌های آزاد ممکن است برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های سازندهٔ یاخته و اجزای آن (مثل دنا و پروتئین‌ها)، حمله کنند. اما همهٔ آن‌ها، از این طریق کمبود الکترونی خود را جبران نمی‌کنند، مثلن گروهی از آن‌ها، ممکن است این الکترون‌ها را از پاداکسنده‌ها دریافت کنند.

همهٔ رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون(های) جفت‌نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند.

تست و پاسخ ۶۰

مطابق اطلاعات کتاب درسی، کدام مورد نادرست است؟

۱) در فرایند قندکافت همانند دومین مرحله از تنفس هوازی، مصرف مولکول آلی سه‌کربنی توسط نوعی کاتالیزور زیستی قابل مشاهده می‌باشد.

۲) در تنفس هوازی برخلاف تخمیر لاکتیکی، بیش از یک نوع ترکیب آلی سه‌کربنه، ضمن از دست دادن الکترون‌هایش دچار اکسایش می‌شود.

۳) در تخمیر لاکتیکی همانند تخمیر الکلی، مولکول‌های غیرنوکلئوتیدی که به منظور بازسازی NAD^+ مصرف می‌شوند، فاقد فسفات هستند.

۴) در فرایند قندکافت برخلاف چرخهٔ کربس، بیش از یک نوع ترکیب کربن‌دارِ دارای بیش از یک گروه فسفات در ساختار خود تولید می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ ۴ *(زیست دوازدهم ـ فصل ۵ ـ تنفس یافته‌ای و تخمیر)*

برخی واکنش‌های رخ‌داده در تنفس یاخته‌ای

- **تغییر الکترون در یک مولکول:** در قندکافت در زمان ایجاد اسید دوفسفاته از قند فسفاته + در اکسایش پیرووات + در چرخهٔ کربس در زمان تولید مولکول‌های NADH و $FADH_2$ + در زنجیرهٔ انتقال الکترون (هم مولکول‌های NADH و $FADH_2$ و هم اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون)

- **تشکیل پیوند فسفات ـ فسفات**: در قندکافت در مرحلهٔ تشکیل ATP از ADP و فسفات‌های اسید دوفسفاته + در چرخهٔ کربس + در نتیجهٔ فعالیت آنزیم ATPساز.
- **ایجاد پیوند کربن ـ فسفات**: در قندکافت در زمان ایجاد فروکتوز فسفاته و اسید دوفسفاته.
- **تغییر در تعداد مولکول‌های کربن مادهٔ واکنش‌دهنده**: در زمان تشکیل قند فسفاته از فروکتوز فسفاته + در زمان تشکیل استیل از پیرووات + در زمان تشکیل استیل COA (کوآنزیم A نوعی مولکول آلی است و بر تعداد کربن‌های واکنش‌دهنده می‌افزاید) + در زمان تشکیل ترکیب‌های ۶، ۵ و ۴کربنی در چرخهٔ کربس

در قندکافت، اسید دوفسفاته، فروکتوز فسفاته، ATP، NADH و ADP تولید می‌شوند که همگی کربن‌دار و دارای بیش از یک گروه فسفات هستند. در چرخهٔ کربس نیز ATP، NADH و $FADH_2$ تولید می‌شوند که همگی ترکیب آلی و دارای حداقل دو گروه فسفات در ساختار خود هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

در هر دو فرایند قندکافت و اکسایش پیرووات، مصرف ترکیب آلی سه کربنی قابل مشاهده است. واکنش‌های قندکافت و اکسایش پیرووات در یاخته، به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شوند.

در تنفس هوازی، مولکول‌های سه‌کربنه در قندکافت دیده می‌شوند که می‌توانند طی واکنش‌هایی به هم تبدیل شوند؛ البته تخمیر لاکتیکی، نوعی مولکول سه‌کربنهٔ دیگر هم دارد یعنی لاکتیک اسید (لاکتات) مولکول‌های دوکربنه در اکسایش پیرووات (استیل) و تخمیر الکلی (اتانول و اتانال) دیده می‌شوند و مولکول‌های چهار و پنج‌کربنی هم فقط در کربس دیده می‌شوند.

در تنفس هوازی، مولکول‌های قند سه‌کربنی فسفاته(طی گلیکولیز) و پیرووات (طی اکسایش پیرووات)، با از دست دادن تعدادی الکترون، اکسایش می‌یابند. هر دو ترکیب فوق، دارای سه اتم کربن در ساختار خود هستند. اما در تخمیر لاکتیکی، تنها ترکیب سه‌کربنه‌ای که اکسایش می‌یابد، قند سه‌کربنی فسفاته است. در تخمیر لاکتیکی، پیرووات با دریافت الکترون (کاهش‌یافتن) به لاکتات تبدیل می‌شود.

در تخمیر الکلی، اتانال، الکترون‌های NADH را دریافت می‌کند و موجب بازسازی NAD^+ می‌شود. در تخمیر لاکتیکی نیز پیرووات نقش دریافت‌کنندهٔ الکترون را دارد. هر دو ترکیب ذکرشده (اتانال و پیرووات) فاقد فسفات هستند.