سؤالات آزمون گروه فنی و مهندسی دکتری ۹۸

استعداد تحصیلی

بخش اول: درک مطلب

■ **راهنمایی:** در این بخش، دو متن به‌طور مجزا آمده است. هریک از متن‌ها را به‌دقت بخوانید و پاسخ سؤال‌هایی را که در زیر آن آمده است، با توجه به آنچه می‌توان از متن استنتاج یا استنباط کرد، پیدا کنید و در پاسخنامه علامت بزنید.

متن (۱)

او در نظریه خود که بعدها با مشاهدات تجربی هم تأیید شد، نشان داد که زمان و فضا عناصر جدای از هم نیستند، بلکه ما در حالِ زندگی در جهانی به‌هم پیوسته و درهم‌تنیده هستیم که از چهار بُعد تشکیل شده است. چهار بُعدی که سه‌تای آن را ابعاد مکانی و یک مورد آن را بُعد زمان تشکیل می‌دهد، اما در کل، یک ساختار واحد به نام فضا ــ زمان می‌سازند. او همچنین ثابت کرد که همه این پارامترها، بسته به شرایط تغییر می‌کنند. برای مثال، اگر شما با سرعتی بسیار بالا (یعنی سرعتی قابل مقایسه با سرعت نور) حرکت کنید، ساعت شما آهسته‌تر گذر زمان را نشان می‌دهد؛ به این معنی که زمان برای شما کندتر از کسی می‌گذرد که با آن سرعت حرکت نمی‌کند. آزمایش معروف و ذهنی اینشتین این موضوع را به‌خوبی تأیید می‌کند. طبق این آزمایش، اگر سرعت شما به عدد ممنوعه سرعت نور برسد (از مشکلات فنی و نتایج آن بر بدنتان صرف‌نظر کنید)، زمان برای شما متوقف خواهد شد و هیچ زمانی برای شما نخواهد گذشت.

بسیار اغواکننده است که یک گام این موضوع را جلوتر ببریم و بگوییم که اگر با سرعت بیش از نور حرکت کنیم، بدین ترتیب می‌توانیم زمان را دور بزنیم. متأسفانه اینشتین و طبیعت مانع شما می‌شوند و آنها سرعت بیش از نور را برای جهان ما ممنوع کرده‌اند. اما تا همین جا هم امکان دستکاری در زمان به‌وجود آمده است. اما آیا علم می‌تواند راه‌هایی برای سفر زمان پیشنهاد کند؟

به نظر می‌رسد دانشمندان سعی می‌کنند راه‌هایی، حداقل به شکل نظری، برای این مشکل پیدا کنند. با استفاده از نظریه اینشتین و توجه به پیوستگی فضا ــ زمان، شاید هندسه جهان به کمک ما بیاید. اگر فضا ــ زمان، موجودی پیوسته باشد که امروزه می‌دانیم این‌گونه است و اگر بتوانیم به گونه‌ای بر هندسه فضا ــ زمان تأثیر بگذاریم، شاید بتوانیم منحنی‌هایی در فضا ــ زمان پیدا کنیم که ما را به گذشته یا آینده ببرد. به عنوان مثال، می‌دانیم که جرم بر شکل فضا ــ زمان تأثیر می‌گذارد و درواقع، این یکی از پیش‌بینی‌های نسبیت اینشتین بود که نخستین‌بار در حینِ یک خورشیدگرفتگی توسط فیزیکدان آمریکایی، ادینگتون، تأیید شد. ادینگتون برای تأیید این نظر، هنگام یک خورشیدگرفتگی کامل، تصویری از خورشید تیره‌شده و ستاره‌های اطراف خورشید تهیه کرد. اگر اینشتین درست می‌گفت وجود خورشید به‌عنوان یک جرم بزرگ باید موجب ایجاد خمیدگی اندکی در فضا ــ زمان می‌شد. برای اینکه این موضوع را درک کنید، یک لحظه تصور کنید فضا ــ زمان مانند یک ورقه پلاستیکی بزرگ است که آن را محکم در دست گرفته‌اید. حال اگر یک توپ فلزی سنگین روی این ورقه پلاستیکی بگذارید، درجایی‌که این توپ قرار گرفته است، این ورقه پلاستیکی شما اندکی خمیده می‌شود. خورشید در این آزمایش، نقش همان توپ فلزی را بازی می‌کرد. اگر خورشید این انحنا را ایجاد می‌کرد، آن‌وقت نور ستاره‌هایی که از نزدیکی خورشید می‌گذشتند، اندکی منحرف می‌شد و در مکانی اندکی متفاوت با جایی که باید باشند، دیده می‌شدند. ادینگتون برای اینکه این مسئله را آزمایش کند، شش‌ماه پیش از کسوف که خورشید در نیمه دیگر آسمان بود، از همان منطقه که قرار بود خورشیدگرفتگی رخ دهد، تصویربرداری کرد و موقعیت دقیق ستاره‌ها نسبت به یکدیگر را ثبت کرد و این حالتی است که هنوز گلوله فلزی را روی صفحه نگذاشته‌اید، سپس این تصویر را با تصویر هنگام کسوف مقایسه کرد و متوجه شد ستاره‌هایی که در اطراف خورشید وجود داشتند، هنگام گرفت، در مختصات اندکی متفاوت با جای پیشین خود دیده می‌شدند: یعنی خورشید توانسته است انحنای کوچکی در فضا ــ زمان خود ایجاد کند. حال اگر این گلوله شما بسیار سنگین‌تر شود، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ این انحنا بیشتر و بیشتر می‌شود و ممکن است در نهایت، بینِ دو ناحیه فضا ــ زمان پل بزند. چنین اجرامی در عالم وجود دارند.

۱ـ مقصود اصلی متن، کدام است؟

۱) ارزیابی نقش ادینگتون در بسط نظریه اینشتین
۲) بررسی تحول نظریه ساختار واحد فضا ـ زمان
۳) نقد و بررسی نظریه اینشتین درباره زمان
۴) بررسی امکان سفر در زمان

۲ـ کدام مورد، به‌درستی، نقش پاراگراف ۲ را در متن توصیف می‌کند؟

۱) پیش‌زمینه برای بحث مطرح در پاراگراف بعدی خود را فراهم می‌آورد.
۲) با نادیده انگاشتن محدودیت‌های مطرح در پاراگراف ۱، موضوع را به مطلبی کاملاً نظری تبدیل می‌کند.
۳) با ذکر دو معضل مهم، دلیل آنکه پاراگراف ۱، عدد ممنوعه برای رسیدن به سرعت نور مطرح می‌سازد را کمی توضیح می‌دهد.
۴) نشان می‌دهد که نظریه اینشتین که در پاراگراف ۱ آمده است، وقتی هیجان‌انگیز است که برخی پیش‌شرط‌های آن را حذف کنیم.

۳ـ طبق متن، کدام مورد درست به حساب می‌آید؟

۱) موجودیت پیوسته فضا ـ زمان
۲) تغییرناپذیری پارامترهای فضا ـ زمان
۳) مستقل بودن شکل فضا ـ زمان از جرم
۴) مشاهده دو ناحیه مختلف فضا ـ زمان به‌طور همزمان

۴ـ طبق پاراگراف ۳، عبارت زیر که در متن، زیرِ آن خط کشیده شده است، به کدام پدیده اشاره دارد؟

«این حالتی است که هنوز گلوله فلزی را روی صفحه نگذاشته‌اید.»

۱) زمانی که ادینگتون، فرضیه خود را به بوته آزمایش واقعی گذاشت.
۲) زمانی که نور ستاره‌هایی که در اطراف خورشید بودند، شروع به انحراف کردند.
۳) زمانی که خورشید هنوز تأثیر خود را برجا نگذاشته بود.
۴) زمانی که موقعیت ستاره‌ها نسبت به خود و نسبت به خورشید تثبیت شده بود.

متن (۲)

توربین‌های بادی قادر به تبدیل انرژی باد به انرژی الکتریکی بوده و عموماً در دو نوع عمودی و افقی ساخته می‌شوند. در مدل‌های توربین بادی محور افقی، ژنراتور و تبدیل‌کننده نیروی باد به انرژی الکتریکی در بالای محور مرتفعی قرار دارد که پروانه‌های توربین در بالای آن واقع شده‌اند. طول و تعداد پره‌های توربین‌های بادی، براساس شرایط محیطی، متنوع و مختلف است، اما در بیشتر مناطق دنیا، از توربین‌های سه‌پره استفاده شده و طول پره‌ها نیز بستگی مستقیم به نوع بادخیز بودن منطقه دارد. به طور میانگین، طول پره‌های توربین‌های بادی بینِ ۲۰ تا ۴۰ متر بوده و ارتفاع میله‌های محور اصلی آن نیز می‌تواند بینِ ۶۰ تا ۹۰ متر باشد. البته در این موارد، استاندارد مشخصی وجود نداشته و طراحان و مهندسان، با توجه به شرایط بومی هر منطقه، نسبت به طراحی و مشخص کردن ابعاد توربین‌ها اقدام می‌کنند.

در نوع دیگر توربین‌های بادی موجود در دنیا که به توربین‌های محور عمودی شهرت دارند، سیستم تبدیل‌کننده انرژی به‌صورت عمودی قرار گرفته و این موضوع سبب می‌شود که توربین نیازی به چرخش به سمت باد را نداشته باشد. البته استفاده از این مدل توربین‌ها، به نسبت توربین‌های محور افقی، چندان رایج نبوده و بیشتر مختص موارد ویژه‌ای است که در آن، امکان نصب توربین‌های افقی وجود نداشته یا جهت وزش باد، دائماً در حالِ تغییر است. در کل، باید در نظر داشت که توربین‌های گروه اول یا همان توربین‌های بادی محور افقی، دارای کاربری بیشتری بوده و از نظر اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه‌تر هستند.

اتفاقاتی که در داخل یک توربین بادی محور افقی در هنگام وزش باد می‌افتد، از این قرار است: وزش باد سبب چرخش پره‌های توربین می‌شود که به قسمت گرداننده متصل است. [۱] محور توربین شروع به چرخیدن به حول خود کرده و انرژی جنبشی را از باد دریافت می‌کند. این نیرو توسط محور مرکزی پشتیبانی و تبدیل می‌شود. در بخش داخلی ناسل (nacelle) که اصلی‌ترین بخش توربین محسوب شده و در بالای محور میله و انتهای قاعده پره‌ها قرار دارد، یک جعبه‌دنده یا گیربکس ویژه‌ای وجود دارد که نیروی ایجادشده ناشی از چرخش آرام پره‌های توربین را که به‌طور متوسط در حدود شانزده دور در دقیقه است، به سرعت زیادی، برابر با هزاروششصد دور در دقیقه تبدیل می‌کند که این میزان سرعت، برای تأمین انرژی ژنراتور توربین کفایت می‌کند. [۲] ژنراتور دقیقاً در پشت جعبه‌دنده توربین‌ها قرار گرفته و انرژی چرخشی تقویت‌شده را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. بادسنج‌ها که نوع و چگونگی وزش باد را تحت کنترل دارند، در بخش تحتانی ناسل قرار گرفته

زبان عمومی

PART A: Grammar

Directions: Select the answer choice (1), (2), (3) or (4) that best completes the blank. Then mark the correct choice on your answer sheet.

31- Thunder is caused by lightning, …….. essentially a stream of electrons flowing between or within clouds or between a cloud and the ground.

1) which is 2) that is 3) to be 4) it is

32- In ancient Egypt and India, people produced large blocks of ice with the help of evaporative cooling (the principle …….. draw heat from their surroundings).

1) water molecules that vaporizes 2) that vaporizing water molecules
3) to vaporize water molecules 4) water molecules are vaporized

33- By the end of the 1800s, naturally occurring reserves of nitrogen-based compounds had been so badly depleted by their use as fertilizers …….. some feared a worldwide famine when supplies ran out.

1) that 2) then 3) which 4) when

34- Work is currently under way on planes that could potentially fly …….. the speed of sound.

1) faster than 20 times of 2) more than 20 times as much as that of
3) at 20 times 4) 20 times faster than that of

35- In 1894, …….. by the theories of physicist James Clerk Maxwell, Italian physicist Guglielmo Marconi began work on a technique to transmit electromagnetic signals through the air over long distances.

1) when was inspired 2) having inspired 3) to be inspired 4) inspired

36- Because concrete generates considerable heat as it sets, large volumes can become exceedingly hot, ……..

1) so the material's structural strength damaged 2) that damages the material's structural strength
3) and the material's structural strength damages 4) damaging the material's structural strength

37- Back in the 1966 movie *Fantastic Voyage,* a band of intrepid travelers were scrunched down to the size of blood cells …….. they could swim through the veins of a big-shot diplomat and destroy a life-threatening blood clot.

1) so that 2) since 3) as though 4) in which

38- The space telescope, after all, has broken all kinds of records, including probably ……..

1) any single astronomical project produces the most newspaper headlines
2) the most newspaper headlines produced by any single astronomical project
3) producing the most newspaper headlines by any single astronomical project
4) the most newspaper headlines of any single astronomical project is ever produced

پاسخنامه آزمون گروه فنی و مهندسی دکتری ۹۸

استعداد تحصیلی

بخش اول: درک مطلب

پاسخ سؤالات متن (۱)

۱ـ گزینه «۴» نویسنده به‌دنبال بررسی امکان سفر در زمان در چهارچوب نظریات علمی است و این موضوع از جملات انتهایی هر سه پاراگراف و محتوای پارگراف دوم نیز مشخص می‌گردد.

نادرستی سایر گزینه‌ها:

بررسی گزینه (۱): نویسنده از آزمایش ادینگتون به عنوان وسیله‌ای در جهت تقویت نظریه‌ی نسبیت اینشتین استفاده می‌کند که حامی مقصود اصلی‌اش می‌باشد که بررسی امکان سفر در زمان است.

بررسی گزینه (۲): سیر تحول نظریه فضا ـ زمان در متن بررسی نشده و فقط نظریه‌ی نهایی آن مطرح گردیده است.

بررسی گزینه (۳): نقدی بر نظریه‌ی اینشتین درباره‌ی زمان در متن صورت نگرفته است. آزمایش ادینگتون نظریه‌ی اینشتین درباره‌ی تأثیر جرم بر فضا ـ زمان را بررسی می‌کند.

۲ـ گزینه «۱» پاراگراف سوم دقیقاً جوابی است که برای سؤال انتهایی مطرح‌شده در انتهای پاراگراف دوم، آورده شده است. در نتیجه، پاراگراف دوم حکم پیش‌زمینه را برای پاراگراف بعدی خود دارد.

۳ـ گزینه «۱» در جملات ابتدایی پاراگراف اول آشکارا درهم تنیده و پیوسته بودن ابعاد فضا و زمان مطرح شد.

نادرستی سایر گزینه‌ها:

بررسی گزینه (۲): هدف متن بررسی امکان‌پذیری تغییر دادن پارامتر زمان بود و در انتها هم به نتیجه‌ای دال بر غیرممکن‌بودن آن نرسید.

بررسی گزینه (۳): در جملات ابتدایی پاراگراف اول آشکارا از مستقل نبودن مفاهیم فضا و زمان از یکدیگر صحبت شد.

بررسی گزینه (۴): در مورد این موضوع در متن چیزی نیامده است.

۴ـ گزینه «۳» در پاراگراف سوم از تمثیل «گلوله‌ی فلزی روی یک صفحه» برای نشان‌دادن تأثیر جرم (خورشید) بر فضا ـ زمان استفاده شد. پس منظور عبارت «هنوز گلوله‌ی فلزی را روی صفحه نگذاشته‌اید» این است که هنوز خورشید، فضا ـ زمان را خمیده نکرده و تأثیر خود را نگذاشته است.

پاسخ سؤالات متن (۲)

۵ـ گزینه «۲» در جمله‌ی انتهایی پاراگراف اول آورده شده است که ابعاد توربین اندازه‌های استاندارد ندارد و مهندسان بر اساس شرایط هر منطقه آن‌ها را طراحی می‌کنند. پس گزینه (۲) صحیح است.

نادرستی سایر گزینه‌ها:

بررسی گزینه (۱): در مورد مکانیزم تبدیل انرژی در توربین‌ها در این دو پاراگراف مطلبی نیامده است.

بررسی گزینه (۳): در پاراگراف اول به ارتباط طول پره با بادخیز بودن منطقه اشاره شده است نه ارتفاع میله. همچنین به معکوس یا مستقیم بودن این وابستگی نیز اشاره‌ای نشده است.

بررسی گزینه (۴): در انتهای پاراگراف دوم به وضوح از مقرون به‌صرفه‌تر بودن توربین‌های افقی صحبت شده است.

زبان عمومی

بخش اول: دستور زبان

در سؤالات زیر، از بین گزینه‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) پاسخی را انتخاب کنید که به بهترین نحو جای خالی را پر کند. آنگاه پاسخ‌تان را روی پاسخنامه علامت بزنید.

۳۱ـ گزینه «۱» تندر در اثر رعد و برق ایجاد می‌شود که اساساً جریانی از الکترون‌ها است که بین ابرها یا بین ابر و زمین در جریان هستند.

توضیح گرامری: اگر جمله را ترجمه کنیم، می‌بینیم به یک گزاره وصفی برای جای خالی نیاز داریم. پس گزینه‌های (۳) و (۴) نادرست هستند چون ضمیر موصولی ندارند. ضمناً گفتیم بعد از کاما that کاربرد ندارد؛ پس گزینه ۲ هم نادرست است. حالا فقط گزینه (۱) می‌ماند که در اینجا lightening مرجع و از جای خالی به بعد هم گزاره وصفی است. البته چون گزاره وصفی ما بعد از کاما به کار رفته، از نوع غیرضروری است.

۳۲ـ گزینه «۲» در مصر و هند باستان، مردم با کمک سردسازی تبخیری (یعنی این اصل که مولکول‌های بخار آب، گرما را از محیط خود جذب می‌کنند) یخ تولید می‌کردند.

توضیح گرامری: برای پاسخگویی فقط به اطلاعات داخل پرانتز نیاز داریم. پس بیایید داخل پرانتز را تحلیل کنیم. The principle فاعل ما است؛ پس (۱) و (۴) حذف می‌شوند چون هر کلاز (جمله‌واره) یک فاعل نیاز دارد نه بیشتر. ضمناً در مبحث گزاره اسمی گفتیم یکی از کاربردهای that clause این است که بعد از یک‌سری اسم مثل belief، view، principle و .... بیاید. پس فقط (۲) صحیح است.

۳۳ـ گزینه «۱» تا پایان دهه ۱۸۰۰، منابع و مخازن طبیعی ترکیبات نیتروژنی به‌خاطر کاربردشان به‌عنوان کود شیمیایی چنان به پایان رسیدند که برخی می‌ترسیدند هنگام اتمام این مخازن، قحطی سرتاسر جهان را در برگیرد.

توضیح گرامری: تست خیلی راحتی است. نویسنده از الگوی زیر استفاده کرده است:

so + صفت + that ⇒ … So badly depleted … that …

۳۴ـ گزینه «۳» محققان در حال حاضر روی هواپیماهایی کار می‌کنند که می‌توانند ۲۰ برابر سرعت صوت پرواز کنند.

توضیح گرامری: در گزینه‌های (۲) و (۴) اساساً معلوم نیست that به چه چیزی برمی‌گردد؛ پس هر دو نادرست هستند. گزینه (۱) هم به این دلیل نادرست است که قاعدتاً می‌گوییم 20 times faster than نه faster than 20 times.

۳۵ـ گزینه «۴» در سال ۱۸۹۴، فیزیکدان ایتالیایی به نام گولیلمو مارکونی که از نظریه‌های جیمز کلرک ماکسول الهام گرفته بود، شروع به پژوهش در مورد فنی برای انتقال سیگنال‌های الکترومغناطیسی از طریق هوا در طول فواصل زیاد کرد.

توضیح گرامری: خب بدل مدنظر سؤال است. پس گزینه‌های (۱) و (۳) حذف می‌شوند. حالا بیایید صورت سؤال را بررسی کنیم. بعد از جای خالی by آمده که نشانه ساختار مجهول است، اما گزینه (۲) که فعل مجهول نیست؛ پس این گزینه هم نادرست است. برای اینکه ببینیم چرا گزینه (۴) صحیح است باید اول اصل جمله را پیدا کنیم که این‌گونه بوده است:

In 1894, Italian physicist Guglielmo Marconi, **who was inspired by the theories** ……., began work ….

خب قسمتی را که بولد (تیره) کردیم، گزاره وصفی غیرضروری است چون بین دو کاما قرار گرفته است. حالا می‌توانیم گزاره وصفی را کوتاه کنیم:

In 1894, Italian physicist Guglielmo Marconi, **inspired by the theories** ……., began work ….

حالا قسمت بولدشده، بدل غیرضروری است. گفتیم بدل را می‌توانیم به قبل از مرجع انتقال دهیم. پس داریم:

In 1894, **inspired by the theories** ……., Italian physicist Guglielmo Marconi began work ….

سؤالات مهندسی عمران ــ ژئوتکنیک

مجموعه دروس تخصصی (مکانیک جامدات (مقاومت مصالح، تحلیل سازه‌ها)، دینامیک خاک، مهندسی پی پیشرفته)

۱ــ در یک تیر بر روی بستر ارتجاعی به طول $6m$ و مقطع مستطیل به عمق (ارتفاع) برابر $12cm$ و عرض $4cm$ تحت اثر بار گسترده یکنواخت به‌شدت q، اگر عکس‌العمل بستر به‌صورت خطی از صفر در کناره‌ها تا حداکثر در وسط تیر، تغییر کند و حداکثر تنش خمشی مجاز برابر $120MPa$ باشد، حداکثر مقدار مجاز q چند $\frac{kN}{m}$ برآورد می‌شود؟

۱) ۲/۵۶ ۲) ۳/۸۴ ۳) ۵/۱۲ ۴) ۷/۶۸

۲ــ در یک مقطع جدار نازک حلقوی به شعاع متوسط R، ضخامت t تحت یک نیروی متمرکز قائم P اعمالی به موازات قطر عمودی در محل شعاع متوسط در تراز قطر افقی (سمت چپ یا راست)، تنش برشی حداکثر برحسب ضریب $\frac{P}{\pi Rt}$ کدام است؟

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

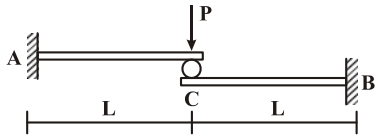
۳ــ ورقی به شکل مربع از چهار طرف توسط چهار جداره صلب و ثابت نگهداری شده است. اگر دمای ورق به اندازه ۵۰ درجه سلسیوس افزایش یابد، مقدار تنش ایجادشده نرمال در صفحه چند مگاپاسکال خواهد بود؟ مدول ارتجاعی ورق $200GPa$، ضریب پواسون آن برابر ۰/۲۵ و ضریب انبساط حرارتی آن برابر $9\times10^{-6}/^{\circ}C$ می‌باشند. ضخامت ورق در حدی است که کمانش نکند و تنش عمود بر صفحه صفر است.

۱) ۶۰ ۲) ۹۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۸۰

۴ــ یک میله به طول L، سطح مقطع A و وزن مخصوص γ از یک تکیه‌گاه گیردار به‌طور قائم آویزان است. اگر رابطه تنش ــ کرنش میله به‌صورت $\sigma = B\sqrt{\varepsilon}$ (B ضریب ثابت) باشد، اضافه طول انتهای آزاد میله تحت اثر وزن آن چه ضریبی از $\frac{\gamma^2L^3}{B^2}$ است؟

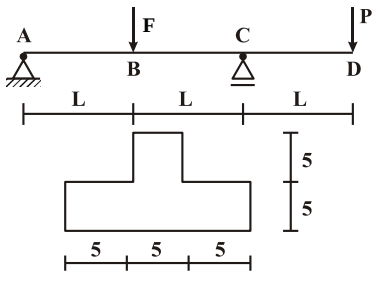
۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) $\frac{A}{2}$ ۴) $\frac{A}{3}$

۵ــ تیر ترکیبی ABC مطابق شکل در محل غلتک (تماس بدون اصطکاک) تحت اثر نیروی P قرار دارد. اگر سختی خمشی برابر EI در طول دو قطعه ثابت باشد، واکنش‌های تکیه‌گاهی به‌ترتیب از راست به چپ برای M_A، M_B، A_y و B_y کدام‌اند؟



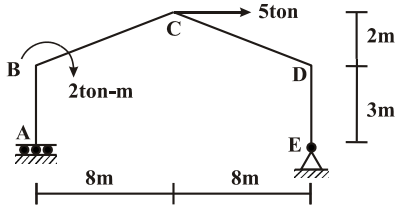
۱) $\frac{P}{2},\frac{P}{2},\frac{PL}{2},\frac{PL}{2}$
۲) $\frac{P}{2},\frac{P}{2},PL,PL$
۳) $P,P,\frac{PL}{2},\frac{PL}{2}$
۴) P,P,PL,PL

۶ــ تیر $ABCD$ با مقطع مطابق شکل (ابعاد به cm) تحت اثر دو نیروی متمرکز F و P قرار دارد. اگر $L = 3m$ باشد، حداکثر تنش فشاری مقطع در نقاط B و C به ازای چه نسبتی از $\frac{F}{P}$ برابر خواهند بود؟



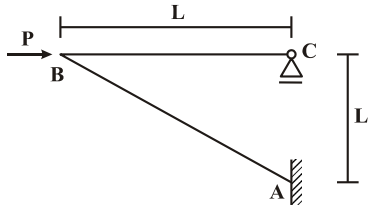
۱) $\frac{11}{5}$
۲) $\frac{7}{3}$
۳) $\frac{5}{11}$
۴) $\frac{3}{7}$

۱۳ـ در قاب شیبدار ABCDE مطابق شکل، لنگر M_{DC} چند تن ـ متر تخمین زده می‌شود؟ (سختی خمشی همه اعضا برابر EI است)



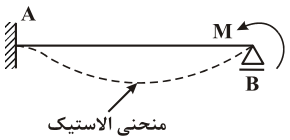
۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۲۰
۴) ۲۵

۱۴ـ در سازه مطابق شکل تحت اثر نیروی افقی P در B، اگر تغییر مکان افقی C برابر $\delta = 0/4\frac{PL^3}{EI}$ باشد، تغییر مکان قائم B و لنگر AB به‌ترتیب کدام است؟ (سختی خمشی هر دو عضو برابر EI است)



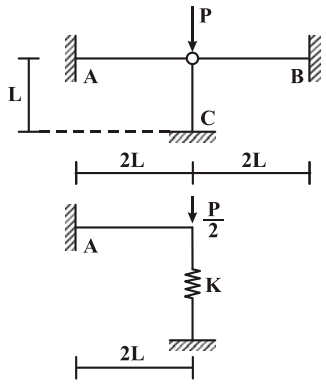
۱) PL, δ
۲) $\sqrt{2}PL, \delta$
۳) $PL, \sqrt{2}\delta$
۴) $\sqrt{2}PL, \sqrt{2}\delta$

۱۵ـ در تیر AB به طول L و سختی خمشی ثابت EI تحت اثر لنگر متمرکز M در تکیه‌گاه B، سطح محصور بین محور اولیه تیر و منحنی الاستیک آن بر حسب ضریب $\frac{ML^3}{EI}$ کدام است؟



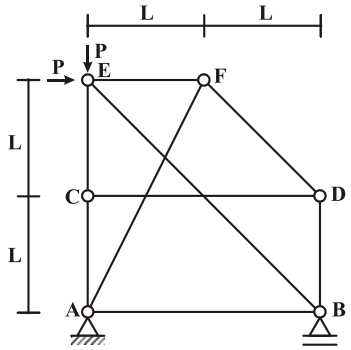
۱) $\frac{1}{36}$
۲) $\frac{1}{48}$
۳) $\frac{1}{64}$
۴) $\frac{1}{72}$

۱۶ـ با توجه به دو سازه مطابق شکل، برای اینکه لنگر خمشی تکیه‌گاه A در هر دو سازه با هم برابر شوند، سختی فنر (K) باید بر حسب $\frac{EI}{L^3}$ چقدر باشد؟ (مقادیر ممان اینرسی I، سطح مقطع A و مدول ارتجاعی E برای هر سه عضو یکسان بوده و $I = AL^2$)



۱) $\frac{1}{2}$
۲) $\frac{1}{4}$
۳) ۲
۴) ۴

۱۷ـ در سازه خرپایی مطابق شکل، نیروی عضو BE کدام است؟

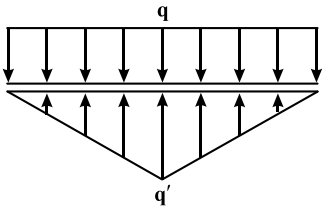


۱) $-\sqrt{2}P$
۲) $-\frac{\sqrt{2}}{2}P$
۳) صفر
۴) خرپا ناپایدار است.

پاسخنامه مهندسی عمران ــ ژئوتکنیک

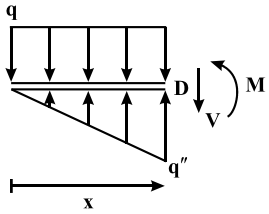
مجموعه دروس تخصصی (مکانیک جامدات (مقاومت مصالح، تحلیل سازه‌ها)، دینامیک خاک، مهندسی پی پیشرفته)

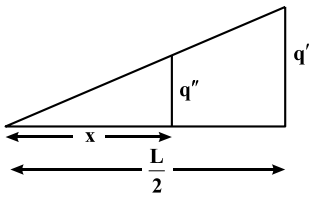
۱ــ گزینه «۴» طبق داده‌های مسئله بار وارد بر تیر از طرف عامل خارجی و نیروی تکیه‌گاهی به‌صورت زیر می‌باشد:



$$\sum Fy = ۰ \Rightarrow qL - \frac{q'L}{۲} = ۰$$
$$\Rightarrow q' = ۲q$$

برش دلخواهی به فاصله‌ی x از ابتدای تیر درنظر گرفته می‌شود. با نوشتن معادله‌ی تعادل لنگر داخلی، M محاسبه می‌شود:





$$\frac{q''}{q'} = \frac{x}{\frac{L}{۲}} \Rightarrow q'' = \frac{۲x}{L}q' = \frac{۴x}{L}q$$

$$\sum M_o = ۰ \Rightarrow M + qx \times \frac{x}{۲} - q'' \frac{x}{۲} \times \frac{x}{۳} = ۰ \Rightarrow M = q'' \frac{x^۲}{۶} - q\frac{x^۲}{۲} \Rightarrow M = \frac{۴x}{L}q \times \frac{x^۲}{۶} - q\frac{x^۲}{۲} = \frac{۲}{۳}\frac{x^۳}{L}q - \frac{q}{۲}x^۲$$

اما حداکثر تنش خمشی در تیر در مقطعی ایجاد می‌شود که لنگر خمشی حداکثر می‌شود، بنابراین:

$$\delta_{max} = \frac{M_{max}\,C}{I} = \frac{۶M_{max}}{bh^۲}$$

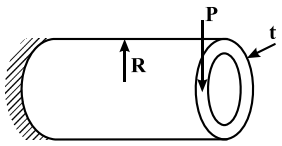
برای محاسبه موقعیت لنگر خمشی ماکزیمم از گشتاور خمشی نسبت به متغیر x مشتق‌گیری می‌شود.

$$\frac{dM}{dx} = ۰ \Rightarrow \frac{۲x^۲}{L}q - qx = ۰ \Rightarrow x = \frac{L}{۲}$$

$$M_{max} = \frac{۲}{۳} \times \frac{۱}{L}(\frac{L}{۲})^۳ q - \frac{q}{۲}(\frac{L}{۲})^۲ = \frac{qL^۲}{۲۴}$$

$$\sigma_{max} = \frac{۶ \times \frac{qL^۲}{۲۴}}{bh^۲} = \frac{۱}{۴ \times ۴۰ \times ۱۲۰^۲} \times q \times ۶۰۰۰^۲ \Rightarrow ۱۲۰ = \frac{q \times ۳۶ \times ۱۰^۶}{۱۲^۲ \times ۱۶ \times ۱۰^۳} \Rightarrow q = \frac{۱۲ \times ۶۴}{۱۰۰} = ۷/۶۸\frac{N}{mm} = ۷/۶۸\frac{kN}{m}$$

۲ــ گزینه «۳» تنش برشی ماکزیمم ایجادشده در لوله ناشی از بار برشی و لنگر پیچشی برابر است با:

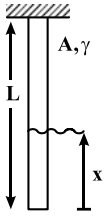


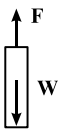
$$\tau_{max} = \tau_۱ + \tau_۲ = ۲\frac{P}{A} + \frac{T}{۲At} = ۲\frac{P}{۲\pi Rt} + \frac{PR}{۲\pi Rt} = \frac{۳}{۲}\frac{P}{\pi Rt}$$

۳ــ گزینه «۳» تنش ایجادشده ناشی از حرارت در ورق مستطیلی مقید شده توسط تکیه‌گاه‌های صلب برابر است با:

$$\varepsilon_A = \frac{\Delta A}{A} = \frac{۱-\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y) + ۲\alpha\Delta T = ۰ \Rightarrow \frac{۱-۰/۲}{۲۰۰ \times ۱۰^۳}(۲\sigma) + ۲ \times ۹ \times ۱۰^{-۶} \times ۵۰ = ۰ \Rightarrow \sigma = ۱۲۰MPa$$

۴ــ گزینه «۲» تنش در یک مقطع دلخواه از انتهای میله برابر است با:





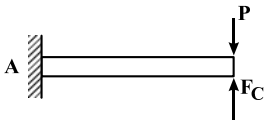
$$F = W = mg = \rho Vg = \rho Axg = \gamma Ax$$
$$\Rightarrow \frac{F}{A} = \sigma = \gamma x \Rightarrow B\sqrt{\varepsilon} = \gamma x$$

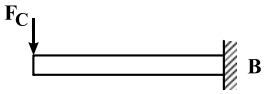
$$\Rightarrow B^2\varepsilon = \gamma^2 x^2 \Rightarrow \varepsilon = \frac{\gamma^2 x^2}{B^2}$$

$$\delta = \int \varepsilon dx = \int_0^L \frac{\gamma^2 x^2}{B^2} dx = \frac{\gamma^2 L^3}{3B^2}$$

اما تغییر طول کل میله برابر است با:

۵ــ گزینه «۱» دو تیر را جدا از یکدیگر در نظر گرفته و لنگر تکیه‌گاهی در آنها محاسبه می‌شود:





$$\begin{cases} M_A = (P - F_c)L \\ M_B = F_c L \end{cases}$$

خیز ایجادشده در انتهای تیر ناشی از نیروی متمرکز

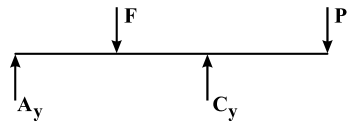
$$\begin{cases} y_c = \dfrac{(P - F_c)L^3}{3EI} & (1) \\ y_c = \dfrac{F_c L^3}{3EI} & (2) \end{cases}$$

$$(1) = (2) \Rightarrow F_c = \frac{P}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} M_A = \dfrac{P}{2}L \\ M_B = \dfrac{P}{2}L \end{cases}$$

$$\sum Fy = 0 \Rightarrow \begin{cases} A_y = \dfrac{P}{2} \\ B_y = \dfrac{P}{2} \end{cases}$$

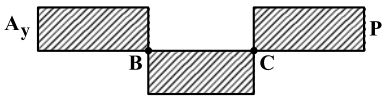
۶ــ گزینه «۱» در ابتدا با استفاده از معادلات تعادل، نیروهای تکیه‌گاهی محاسبه شده، سپس نمودار نیروی برشی و مقدار لنگر خمشی در طول تیر محاسبه و رسم می‌شود.



$$\sum M_A = 0 \Rightarrow -P \times 3L + C_y \times 2L - F \times L = 0$$

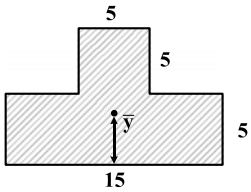
$$\Rightarrow C_y = \frac{3}{2}P + \frac{F}{2}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A_y = -\frac{P}{2} + \frac{F}{2}$$



$$\begin{cases} M_B = A_y L = (\dfrac{F}{2} - \dfrac{P}{2})L \\ M_C = PL \end{cases}$$

تغییرشکل ایجادشده در طول تیر برابر است با:



$$\bar{y} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2}$$

$$\Rightarrow \bar{y} = \frac{75 \times 2/5 + 25 \times 7/5}{75 + 25} = 3/75\,cm$$

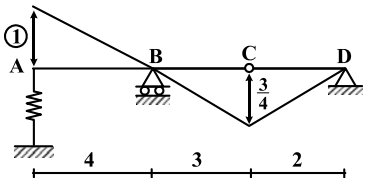
مقدار تنش خمشی در مقاطع B و C برابر است با:

$$\left.\begin{aligned} (\sigma_{max})_B &= \frac{M_B C_B}{I} \\ (\sigma_{max})_C &= \frac{M_C C_C}{I} \end{aligned}\right\} \Rightarrow (\sigma_{max})_B = (\sigma_{max})_C \Rightarrow M_B C_B = M_C C_C$$

$$\Rightarrow (F - P)\frac{L}{2} \times (10 - 3/75) = PL \times 3/75 \Rightarrow (F - P)6/25 = P \times 7/5 \Rightarrow \frac{F}{P} = \frac{11}{5}$$

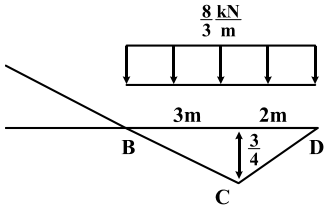
۱۲ــ گزینه «۳» برای تعیین حداکثر نیروی تکیه‌گاه A (نیروی فنر) می‌بایست خط تأثیر متناظر با این نیرو را رسم نمود. به این منظور شکل تیر را کشیده و تکیه‌گاه A را به اندازه واحد به سمت بالا جابه‌جا کرده و ادامه تغییرشکل را رسم می‌کنیم.

خط تأثیر نیروی تکیه‌گاه A



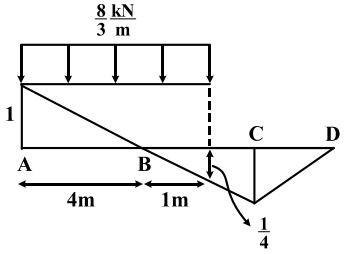
حال با توجه به شکل، خط تأثیر دو حالت بارگذاری متصور است.

۱) بار ۵ متری از B تا D قرار بگیرد.



F_A : نیروی تکیه‌گاه A در بارگذاری ۱ $= \text{بار گسترده} \times \text{مساحت زیر خط تأثیر} = \frac{۱}{۲}(۵\times\frac{۳}{۴})\times\frac{۸}{۳} = ۵\text{kN}$

۲) بار ۵ متری از روی A تا ۱ متر بعد از تکیه‌گاه B قرار گیرد.



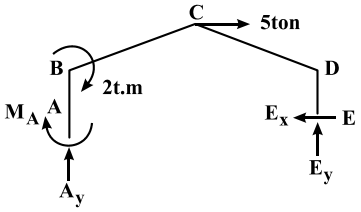
$$F_A = [\frac{۱}{۲}(۴\times۱) - \frac{۱}{۲}(۱\times\frac{۱}{۴})]\times\frac{۸}{۳} = ۵\text{kN}$$

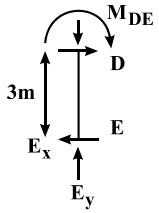
همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر دو حالت بحرانی مقدار نیرویی برابر ۵kN را ایجاد می‌کنند. بنابراین خواهیم داشت:

$$(F_A)_{max} = ۵\text{kN} \Rightarrow \Delta_{max} = \frac{(F_A)_{max}}{k} = \frac{۵}{۵} = ۱\text{cm}$$

نکته: حالت بحرانی دیگری نیز متصور است که بار از روی تیر عبور کرده و تنها ۴ متر آن بین A و B مانده باشد که در این حالت گزینه (۴) پاسخ خواهد بود. اما با توجه به پاسخنامه سنجش، مدنظرطراح سؤال بوده که بار باید به‌طور کامل روی تیر باشد و پاسخ گزینه (۳) صحیح است.

۱۳ــ گزینه «۲» اگرچه قاب مورد سؤال یک درجه نامعین است، اما در جهت افقی معین می‌باشد و نیروی افقی تکیه‌گاه E قابل تعیین است. با تعیین E_x به‌راحتی لنگر M_{DC} تعیین می‌گردد.

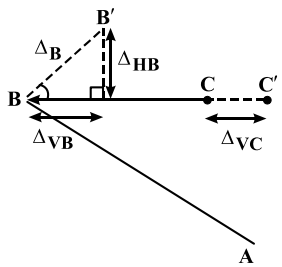




$$\sum F_x = ۰ \Rightarrow E_x = ۵\,\text{ton}$$

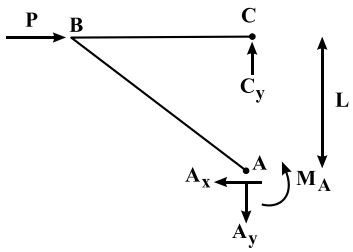
$$M_{DC} = M_{DE} = E_x \times ۳\text{m} = ۱۵\,\text{ton.m}$$

۱۴ــ گزینه «۱» با توجه به اینکه سختی محوری اعضا بسیار بیش از سختی خمشی است، بنابراین جابه‌جایی نقطه B لزوماً عمود بر AB خواهد بود تا باعث تغییر طول عضو AB نگردد. بر همین اساس برای آنکه عضو BC تغییر طول نداشته باشد، لزوماً جابه‌جایی افقی نقطه B برابر با جابه‌جایی افقی نقطه C است. حال با رسم سازه تغییرشکل‌یافته می‌توان تغییر مکان قائم نقطه B را تعیین کرد.



$$\left.\begin{array}{l}\text{زاویه } BB' \text{ با افق } = ۴۵^\circ \Rightarrow \Delta_{VB} = \Delta_{HB} = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\Delta_B \\ \text{طول } BC \text{ ثابت است} \Rightarrow \Delta_{VC} = \Delta_{VB} = \delta\end{array}\right\} \Rightarrow \Delta_{HB} = \delta$$

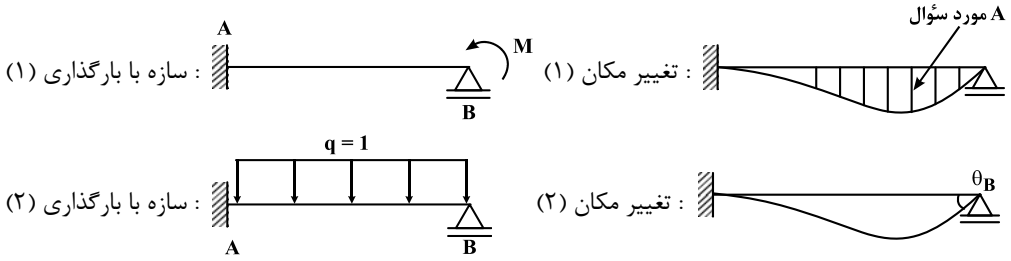
حال با لنگرگیری حول نقطه A می‌توان لنگر AB را نیز محاسبه نمود و گزینه صحیح را برگزید.



$$\sum M_A = ۰ \Rightarrow P \times L - C_y \times ۰ - M_A = ۰ \Rightarrow M_A = PL$$

۱۵ـ گزینه «۲» در سؤالاتی از این دست از قضیه بتی ـ ماکسول استفاده می‌شود. این قضیه بیان می‌دارد که در یک سازه با رفتار خطی، کار انجام‌شده توسط بارگذاری وارد بر سازه در حالت اول در اثر تغییر مکان سازه در حالت دوم، با کار انجام‌شده توسط بارگذاری وارد بر سازه در حالت دوم در اثر تغییر مکان‌های سازه در حالت اول یکسان است.

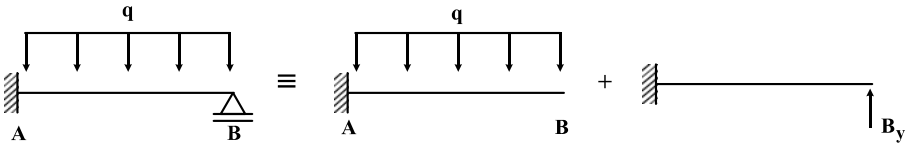
$$\sum P_{i_۱} \times \Delta_{i_۲} = \sum P_{j_۲} \times \Delta_{j_۱}$$



تغییر مکان (۱) × بارگذاری (۲) = تغییر مکان (۲) × بارگذاری (۱)

A مورد سؤال $\times$ $q = ۱$ = θ_B $\times$ M

لذا با یافتن θ_B تحت بارگذاری (۲) می‌توان تست را حل کرد.



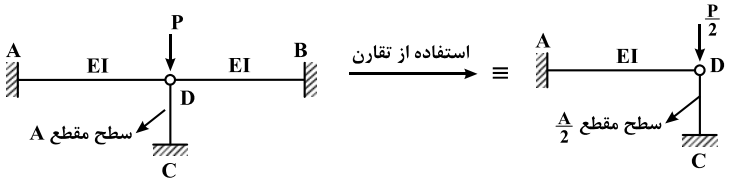
$$\Delta_B = (\Delta_B)_۱ = \frac{qL^۴}{۸EI} + (\Delta_B)_۲ = -\frac{B_y L^۳}{۳EI}$$

$$\Delta_B = ۰ \Rightarrow \frac{qL^۴}{۸EI} = \frac{B_y L^۳}{۳EI} \Rightarrow B_y = \frac{۳}{۸}qL$$

$$\Rightarrow |\theta_B| = |\theta_۱ - \theta_۲| = |\frac{qL^۳}{۶EI} - \frac{B_y L^۲}{۲EI}| = \frac{qL^۳}{EI}(\frac{۱}{۶} - \frac{۳}{۱۶}) = \frac{۱}{۴۸}\frac{L^۳}{EI}$$

$$M \times \theta_B = ۱ \times A \Rightarrow A = M \times \frac{۱}{۴۸}\frac{L^۳}{EI} \Rightarrow \frac{۱}{۴۸}$$

۱۶ـ گزینه «۱» همان‌طور که مشخص است سازه اول متقارن بوده، لذا می‌توان با نصف نمودن آن، سازه‌ای تقریباً مشابه با سازه دوم ایجاد کرد و پس از آن مقایسه نمود.



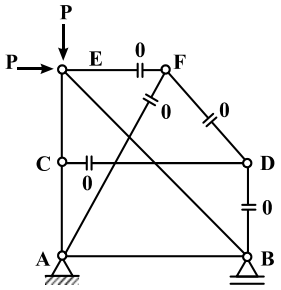
برای مساوی بودن لنگر خمشی A در دو سازه باید سختی فنر k برابر با سختی محوری عضو بین C و گره D در سازه نصف شده باشد.

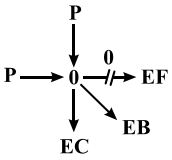
$$k_{CD}=\frac{E(\frac{A}{2})}{L}\Rightarrow k_{\text{فنر}}=k_{CD}=\frac{EA}{2L}$$

$$I=AL^2\Rightarrow A=\frac{I}{L^2}\Rightarrow k_{\text{فنر}}=\frac{E(\frac{I}{L^2})}{2L}=\frac{EI}{2L^3}$$

۱۷ــ گزینه «۱» ابتدا اعضای صفر نیرویی را تعیین نموده و پس از حذف آنها به راحتی نیروی عضو موردنظر را تعیین می‌کنیم.

عضو CD در گره C عضوی صفر نیرویی است؛ زیرا دو عضو دیگر این گره هم‌راستا هستند و عضو سوم گره لزوماً صفر نیرویی است. با این تفسیر دو عضو DB و DF در گره D دو عضو غیرهم‌راستا هستند و چون عضو سوم گره (CD) صفر نیرویی بوده لزوماً هر دوی آنها نیز صفر نیرویی هستند. در گره F نیز دو عضو FE و FA صفر نیرویی خواهند بود. حال با نوشتن $\sum F_x$ در گره E می‌توان نیروی عضو BE را محاسبه کرد.

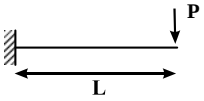


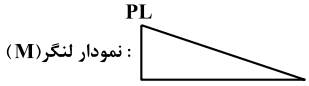


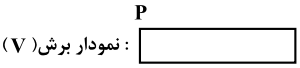
$$\sum F_x=0\Rightarrow\frac{\sqrt{2}}{2}EB=-P\Rightarrow EB=-\sqrt{2}P$$

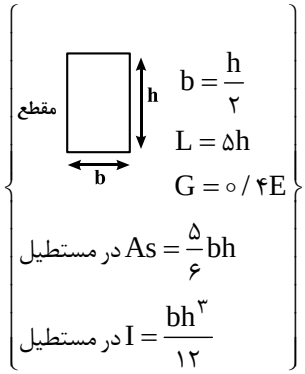
۱۸ــ گزینه «۲» در روش کار حقیقی ترم ناشی از برش را با ترم ناشی از خمش مقایسه می‌کنیم و پاسخ تست را تعیین می‌کنیم.

روش کار حقیقی: $\frac{1}{2}P\Delta=\int\underbrace{\frac{M^2}{2EI}dx}_{\text{ترم ناشی از خمش}}+\int\underbrace{\frac{V^2}{2GAs}dx}_{\text{ترم ناشی از برش}}$









ترم خمش: $\int\frac{M^2}{2EI}dx=\frac{1}{2EI}(\frac{PL\times PL\times L}{3})=\frac{P^2L^3}{6EI}=\frac{P^2(5h)^3}{6\times E\times\frac{bh^3}{12}}=\frac{5^3P^2h^3}{E\times\frac{h^4}{4}}=4\times5^3\frac{P^2}{Eh}$

ترم برش: $\int\frac{V^2}{2GAs}dx=\frac{P^2\times L}{2\times0/4E\times\frac{5}{6}bh}=\frac{5h\times P^2}{\frac{1}{3}Eh^2}=\frac{3\times5P^2}{Eh}$

$$\Rightarrow\frac{\text{ترم برش}}{\text{ترم خمش}}=\frac{3\times5\frac{P^2}{Eh}}{4\times5^3\frac{P^2}{Eh}}=\frac{3}{100}$$