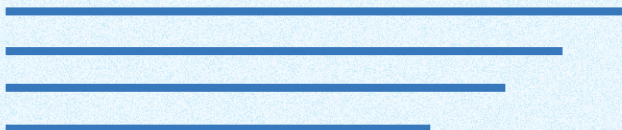


بخش

اول

آموزش تجزیه و تحلیل مسائل



فصل مقدماتی

آموزش تجزیه و تحلیل مسائل

مقدمه: تجزیه و تحلیل مسائل از اهداف مهارتی و بسیار مهم در درس محاسبات فنی است و به منظور تقویت کسب مهارت‌های ضروری است، که از پیچیدگی خاصی برخوردار است و کلید آن با تمرین و ممارست کشف می‌شود.

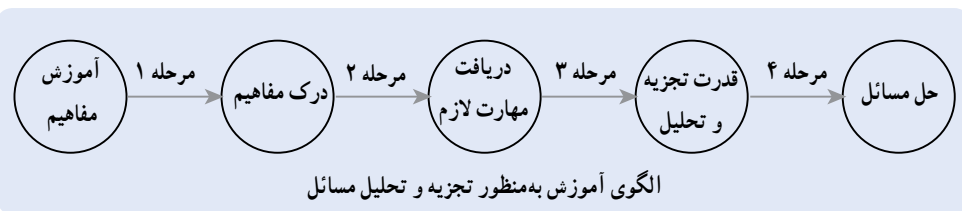
مسئله و تلاش برای تجزیه و تحلیل آن جزئی از زندگی انسان‌هاست و می‌بایست فرایند برخورد با آن در دانش‌آموزان تقویت و برای موفقیت در زندگی علمی و اجتماعی مهارت‌های لازم آن را کسب نمایند. روند تدریس این درس مبتنی بر ۳ حالت (الگو) است:

الف) آموزش با قصد تجزیه و تحلیل مسائل

ب) تجزیه و تحلیل مسائل با قصد آموزش و ایجاد مهارت

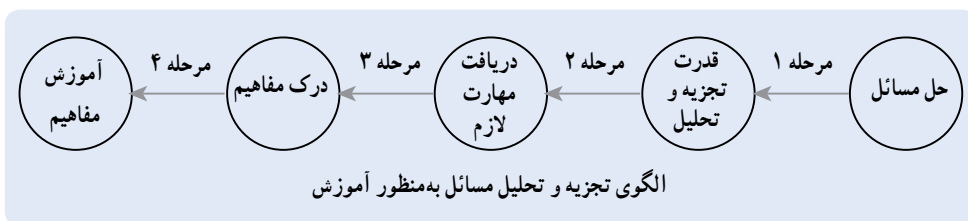
ج) الگوی تعاملی و پویا

آموزش با قصد تجزیه و تحلیل مسائل: در این شیوه سعی می‌شود ابتدا مفاهیم آموزش داده شوند و سپس تکنیک‌ها و قواعد بیان شوند تا پس از ایجاد مهارت، قدرت تجزیه و تحلیل در دانش‌آموزان ایجاد شود. به عبارتی تجزیه و تحلیل مسائل در پایان فرایند آموزش قرار گیرد.

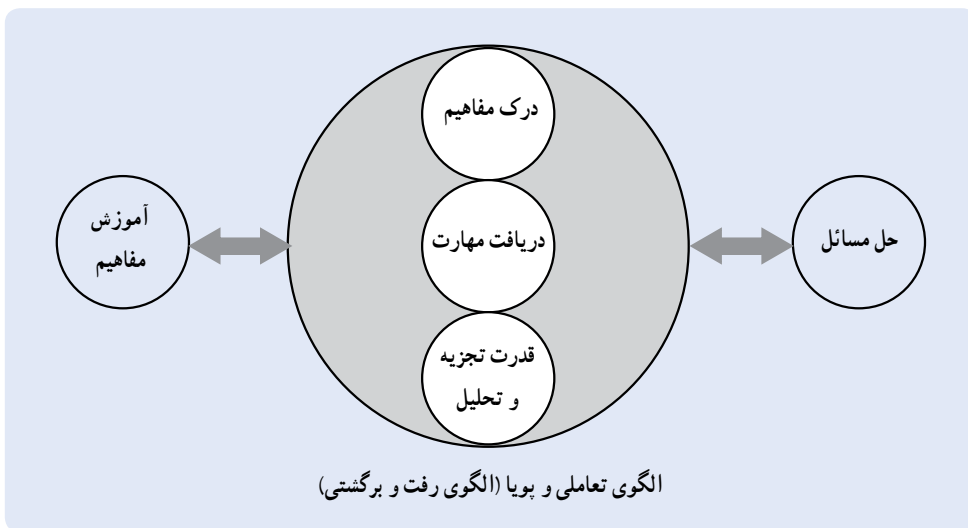


تجزیه و تحلیل مسائل با قصد آموزش و مهارت: در این شیوه با طرح یک مسئله و به چالش انداختن ذهن دانش‌آموز، روحیهٔ مشوقی جهت یافتن راهکار حل مسئله و فعال نمودن قدرت خلاقیت در دانش‌آموز پرورش داده می‌شود تا شرایط برای آموزش مهیا شود. در این روش دانش‌آموز با درگیر شدن در فرایند حل مسئله و احساس نیاز به دانش لازم جهت حل آن، مراحل

تکوینی را پشت سر گذاشته و مهارت‌های لازم را کسب می‌نماید. در این روش طرح مسائل باید با درایت و هوشمندی باشد تا زمینه وسیعی از دانش و مفاهیم را انتقال دهد.



الگوی تعاملی و پویا: در این الگو، که روشی هوشمند و خلاق است و مهارت‌های مربوط به یاددهی در آن کم می‌باشند، معلم با ایجاد تعاملی در دو الگوی قبلی به‌صورت پویا آموزش را به قصد حل مسئله و به‌صورت توأم، با حل مسئله به قصد آموزش مفاهیم دائماً ذهن دانشجو آموزش را تغییر می‌دهد و مهارت‌های لازم به‌صورت شهودی، استدلال می‌شوند.

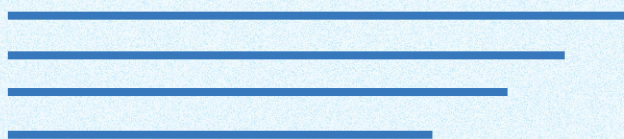


آنچه که از سه الگوی فوق می‌توان نتیجه گرفت، این است که مهارت لازم را در دانش‌آموزان باید به‌گونه‌ای افزایش داد تا قادر به حل مسائل شوند و این مهم یک اصل مهارتی و یک هدف اصلی محسوب می‌شود. با تقویت تفکر دانش‌آموز امکان مهارت حل مسئله افزایش می‌یابد.

بخش

دوم

نحوه آموزش کتاب محاسبات فنی



آموزش محاسبات فنی

به طور یقین گروهی می توانند در خصوص نحوه آموزش، تعیین نیازها و محتوای آموزش نظر بدهند که علاوه بر تسلط به علوم مهندسی عمران، خود نیز درگیر آموزش این درس شده باشند و شیوه آموزش با دیدگاه های تعلیم و تربیت یک امر تخصصی تلقی می شود.

اهداف آموزشی

تعیین و طبقه بندی هدف های آموزشی از ارکان برنامه های درسی است که برای تمام عناوین آموزشی کاربرد دارد. معیار تدریس خوب، به کارگیری روش های متعالی در آموزش، یاددهی اثربخش، یادگیری پایه ای و منطقی، دستیابی به اهداف کلی و جزئی و تغییر نگرش مثبت از مواردی است که براساس آنها اهداف آموزشی تعیین می شوند. متخصصان تعلیم و تربیت براساس حوزه نفوذ مباحث آموزشی، اهداف را در سه سطح تقسیم بندی می کنند.

۱- هدف های کلی

۲- هدف های میانی

۳- هدف های جزئی

هدف های کلی: کسب توانایی انجام محاسبات مربوط به مسائل فنی و بهره مندی از آنها در فعالیت های فنی و مرتبط، تبدیل و تغییر واحدها، تعیین مقادیر آئیم های فنی (تعداد، طول، سطح، حجم، زمان، مقیاس و ...)

هدف های میانی: اهداف میانی پل ارتباطی اهداف کلی و جزئی است، در این مرحله اهداف کلی (نظیر توانایی تعیین مساحت) به اهداف میانی تر (نظیر تعیین مساحت در سیستم SI) تقسیم بندی می شود.

هدف های جزئی: در هدف های جزئی، اهداف میانی (که محدود هستند) را به ساختار جزئی تبدیل نموده (نظیر تبدیلات مساحت برحسب کیلومتر مربع - هکتار - متر مربع - دسی متر مربع و ...) و دانش آموز با شناخت دلایل جزئی شدن واحدها و مقادیر، تسلط خوبی بر اقدامات بعدی خواهد داشت.

جایگاه درس محاسبات فنی در علوم ساختمان و چشم انداز کاربرد آن در آینده

وجود تکنولوژی های جدید و فناوریانه در دنیای امروز و امکان تعیین مطالب و محتوای این کتاب توسط تجهیزات و فناوری های موجود این سؤال را مطرح می سازد که آیا نیاز به انباشت ذهنی این اطلاعات هست یا خیر؟ به طور یقین این موضوع می تواند در هدف گذاری درس، مؤثر باشد، از طرفی نظریه پردازان آموزشی برای قرن بیست و یکم دیدگاهی تحت عنوان «یادگیری مادام العمر» مطرح

نموده‌اند که حوزه یادگیری به تمام طول عمر مربوط می‌شود و زمان یادگیری از مدرسه و دانشگاه به تمام عمر توسعه یافته است. به همین دلیل، آموزش‌ها در هر زمینه تخصصی و عمومی باید به گونه‌ای باشند که شرایط زیر را ایجاد نمایند.

- ۱- عادت به مطالعه را ترویج دهند.
- ۲- اصول، مفاهیم و روش‌های پایه را آموزش دهند.
- ۳- نحوه مطالعه صحیح و یادگیری را یاد بدهند (یادگیرنده که چگونه یاد بگیرند).
- ۴- مهارت‌ها دائماً و به‌طور مستمر در حال توسعه، تکمیل و تکوین باشند.
- ۵- ارتباط مطالب یادگرفته شده با فناوری‌ها را برقرار نمایند.
- ۶- کسب راه‌های دانش‌افزایی را در پی داشته باشند.
- ۷- نیاز یادگیرندگان در شاخه تحصیلی را برآورده سازند.
- ۸- روحیه خلاقیت و تفکر به حل مشکلات را پرورش دهند.

حیطه‌های آموزشی درس محاسبات فنی

۱- کسب دانش‌های ضروری: دانش‌های ضروری، دانش‌هایی هستند که به‌عنوان مفاهیم پایه و ثابت در طول زمان مورد استفاده مدام قرار می‌گیرند و استفاده از آنها اجتناب‌ناپذیر است. این دانش‌ها عبارت‌اند از: مفاهیم و تعاریف، مفهوم طول، مفهوم زاویه، مساحت، حجم، وزن، زمان، مقیاس و نیرو

۲- کسب مهارت‌های ضروری: مهارت در درس محاسبات فنی، در واقع همان روش‌های یادگیری «راه‌های آموختن» هستند که باید به نحو مناسبی پرورش داده شوند، فرضاً برای تعیین مساحت قطعه زمینی می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر تقسیم‌بندی به اجزای هندسی منظم، استفاده از پلیگون‌بندی (چند ضلعی‌های نامنظم)، زاویه‌بندی، نوشتن یک برنامه رایانه‌ای و یا استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط، استفاده نمود که مجموعه ذکر شده، مهارت‌های موردنیاز یا موجود می‌باشند.

اصولی که در این درس باید مهارت‌ها را براساس آن شکل داد عبارت‌اند از:

- ۱- وارسی مسئله، ۲- توجیه روش انتخابی حل مسئله، ۳- فرضیه‌سازی و نظریه‌پردازی (شبیه‌سازی)، ۴- بهره‌مندی از ابزار و تجهیزات مورد استفاده، ۵- نگاه تجربی (تخمین و حدس تقریبی)، ۶- اندازه‌گیری و اندازه‌سنجی، ۷- استفاده از هندسه و تناسب، ۸- عملیات ذهنی، ۹- محاسبات دقیق و عددی (متکی بر اصول پایه)، ۱۰- به‌کارگیری فناوری، ۱۱- الگویابی و مدل‌سازی، ۱۲- ترویج، توسعه، تکامل و تعمیم (پرورش روحیه خلاقانه).

هدف‌های مهارتی

بدون شک آماده کردن دانش‌آموز برای مواجهه با رویدادهای زندگی و ورود به بستر اجتماعی، علمی و فنی آینده از طریق آموزش مهارت‌ها و تغییر نگرش‌ها امکان‌پذیر است. کاهش دانش‌ها تا حد ضرورت و افزایش مهارت‌ها به منظور تغییر مثبت و اثربخش نگرش‌ها از وظایف برنامه‌ریزان درسی است و به عنوان الگوی امروز، شاکله اصلی برنامه‌ریزی محسوب می‌گردد. مسلماً این محور باعث کاهش مطالب حفظ کردنی می‌شود و موجب ماندگاری هرچه بیشتر مهارت‌ها می‌گردد. مناسب‌تر است که ارزشیابی دانش‌آموزان در شرایط حاضر متکی بر هدف‌های مهارتی باشد.

به همکاران محترم توصیه می‌شود با افزودن تمرین‌های مناسب و طرح سؤال‌هایی هدفمند به محتوای کتاب، هدف‌های مهارتی و پرورش ذهن خلاق را دنبال کنند.

نکات کلیدی در الگوی مهارتی

- ۱- مهارت‌ها با موضوعات مختلف و مفاهیم گوناگون قابل ترکیب و به کارگیری هستند.
- ۲- افزایش مهارت‌ها، نیازمند تمرکز و دقت و شناخت می‌باشند.
- ۳- مهارت‌ها برحسب توانایی و علاقه دانش‌آموزان متفاوت هستند.
- ۴- مهارت‌ها آموزش دادنی هستند و توسعه آنها نیاز به زمان دارد (نظیر رانندگی).
- ۵- تقویت برخی مهارت‌ها نیاز به تجهیزات، وسایل و فناوری دارد.
- ۶- توانایی مهارتی، رابطه مستقیمی با احساس نیاز دارد.

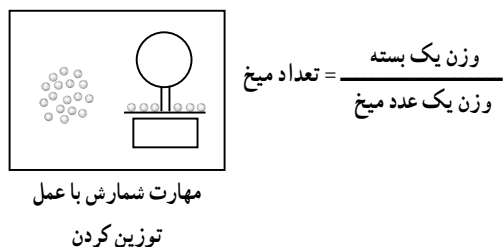
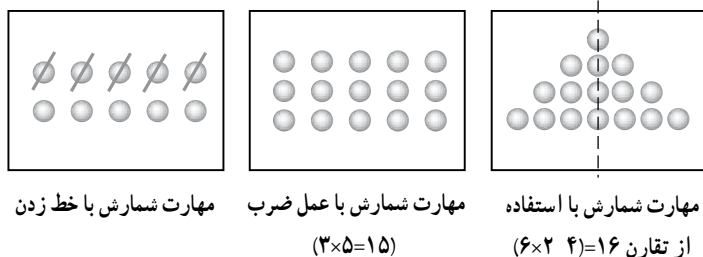
انواع مهارت‌ها در محاسبات فنی

۱- مهارت دقت و تمرکز: این مهارت متأثر از شخصیت شکل گرفته دانش‌آموز در دوران کودکی و همچنین آموزش‌ها می‌باشد. یکی از نکات کلیدی برای رسیدن به هدف معین، مهارت دقت و تمرکز در خواسته‌های مسئله و درک و فهم معلومات، مجهولات و دلایل طی کردن یک روش یا شیوه علمی است. وادار کردن دانش‌آموز به تمرکز روی مسئله و دقت در خواسته‌های آن باعث افزایش و عادت کردن به دقت می‌شود.

میزان دقت و تمرکز را با یک سلسله سؤالات، پی‌درپی می‌توان افزایش داد. سؤالات باید هدایت‌کننده و چند جانبه باشند و نباید با کلماتی نظیر چرا؟، چگونه؟ و ... آغاز شوند.

۲- مهارت شمارش: این مهارت از دوران کودکی و خردسالی با شمارش انگشتان دست شروع و تا سال‌های پایانی عمر قابل توسعه است. مهارت شمارش در دوران کودکی با انگشت یا

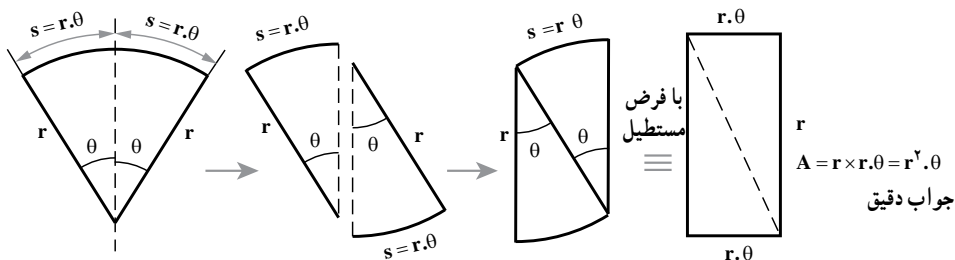
جابه جایی اشیاء و یا خط زدن (به منظور پرهیز از اشتباه) انجام می‌شد و در سطوح بالاتر با کمک گرفتن از عمل ضرب، تقارن، توزین کردن و نمونه‌گیری می‌توان از این خاصیت استفاده کرد.



۳- مهارت اندازه‌گیری: در محاسبات فنی، اندازه‌گیری طول، زاویه، تعداد، سطح، حجم، وزن و زمان مطرح است. این مهارت کاربرد بسیار وسیعی در فعالیت‌های روزمره دارد. انتخاب واحد مناسب برای اندازه‌گیری و استاندارد کردن از اجزای مهم این مهارت است. در این مهارت باید منشأ خطاها اعم از انسانی و دستگاهی مورد توجه قرار گیرند. دانش‌آموزان باید بتوانند ابزار دقیق و مناسب را برای اندازه‌گیری تشخیص دهند و انتخاب نمایند. به عنوان مثال برای تعیین طول مدرسه می‌توان از گام شمار، متر ۳ متری، متر ۵۰ متری، متر فلزی، متر پارچه‌ای و یا دوربین نقشه‌برداری استفاده کرد و انتخاب یکی از آنها بسته به شناخت کافی از انواع فاصله‌یاب و مترها و دقت مورد نظر است که نیاز به مهارت اندازه‌گیری دارد. همچنین در مهارت اندازه‌گیری، مهارت استفاده از واحد طول بسیار اهمیت دارد (نظیر کیلومتر، متر، سانتی‌متر، میلی‌متر و ...). و مهارت استفاده از روش و روابط مربوط به موضوعات در دست بررسی، یکی دیگر از مواردی است که اهمیت خاص خود را داراست (نظیر تعیین مساحت با انتگرال، کامپیوتر، خط‌کش، تقسیم‌بندی سطح به اجزای منظم و ...).

۴- مهارت تخمین و تقریب: درک درست و روشن از واحدهای اندازه‌گیری، مستلزم مهارت تخمین و تقریب عددی است که دانش‌آموز باید تجسم فیزیکی مناسبی از آن داشته باشد. تقویت

این مهارت با طرح سؤالاتی از دانش آموزان برای حدس زدن یک اندازه گیری و سپس نمایش نتیجه دقیق توسط روابط و یا ابزار و تجهیزات مربوطه، انجام می گیرد. به عنوان مثال برای محاسبه سطح نشان داده شده می توان از رابطه مساحت مستطیل به صورت زیر استفاده نمود.



این مهارت در تقریب های عددی بسیار اهمیت دارد نظیر:

$$22 \times 22 \approx 20 \times 20 \quad 400 \Rightarrow 22 \times 22 > 400$$

$$\frac{145}{15} \approx \frac{150}{15} = 10 \Rightarrow \frac{145}{15} < 10$$

$$y = \frac{4r}{3\pi} \approx \frac{4r}{3 \times 3} = \frac{4r}{9} \approx \frac{4r}{10} = 0.4r$$

$$\frac{21456712}{21} \approx \frac{21 \times 10^6}{21} \approx 1 \times 10^6$$

$$\approx 1000000$$

۵- مهارت عملیات ذهنی: دانش آموزان باید توانایی انجام دادن محاسبات را با دقت و

سرعت مناسبی کسب نمایند. برای این منظور از روش ساده کردن، فاکتورگرفتن، تبدیل به اتحاد و جذر گرفتن یا نوشتن اعداد برحسب توان می توان مهارت عملیات ذهنی را افزایش داد. به عنوان مثال:

$$\frac{54}{8} = \frac{54}{2^3} = \frac{54}{2 \times 2 \times 2} = \frac{27}{2 \times 2} = \frac{13.5}{2} = 6.75$$

$$23 \times 5 \quad (20 \quad 3) \times 5 \quad 100 \quad 15 \quad 115$$

$$(a \quad b)(a \quad b) \quad a^2 \quad b^2$$

اتحاد مزدوج:

متوسط دو عدد ضرب شوند است

مثال دیگر:

$$24 \times 16 \quad (20 \quad 4) \quad (20 \quad 4) \quad 20^2 \quad 4^2 \quad 400 \quad 16 \quad 384$$

تقریب رادیکال ها

$$\sqrt{2} \approx 1/4$$

$$\sqrt{3} \approx 1/7$$

$$\sqrt{5} \approx 2/2$$

$$\sqrt{7} \approx 2/6$$

$$\sqrt{12} = \sqrt{4 \times 3} = 2\sqrt{3} = 2(1/7) = 3/4$$

$$\sqrt{6} = \sqrt{2 \times 3} = \sqrt{3} \times \sqrt{2} = 1/7 \times 1/4 = (1/5 + 0/1)(1/5 - 0/1) = 1/5^2 - 0/1^2 = 2/2$$

$$17 \times 13 = ? \Rightarrow \frac{17+13}{2} = \frac{30}{2} = 15 \quad \text{مقدار میانگین دو عدد ضرب شوند}$$

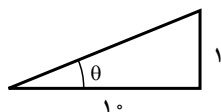
$$(15 \ 2)(15 \ 2) \quad 15^2 \quad 2^2 \quad 225 \quad 4 \quad 221$$

$$\frac{9876543210}{99} \cong \frac{9/9 \times 10^9}{99} \cong \frac{99 \times 10^8}{99} \cong 10^8 = 100000000$$

جواب تقریبی با کمتر از ۲/۵ درصد تقریب

$$\sin \theta \cong \theta \quad \text{و} \quad \text{tg} \theta \cong \theta \quad \Rightarrow \quad \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\sin \theta}{\theta} = \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\theta}{\theta} = 1$$

$$\text{tg} \theta = \frac{1}{10} = 0/1 \Rightarrow \theta \cong 0/1 \text{ Rad}$$



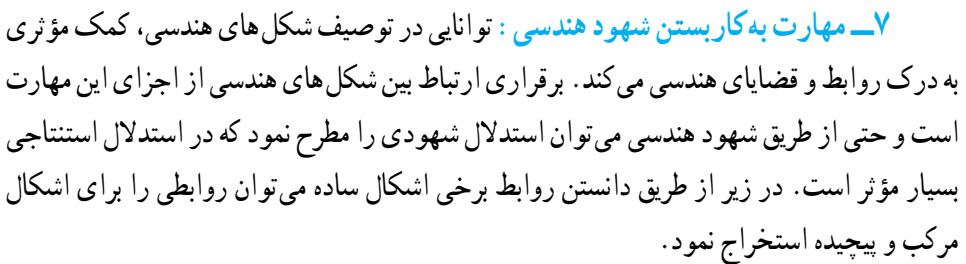
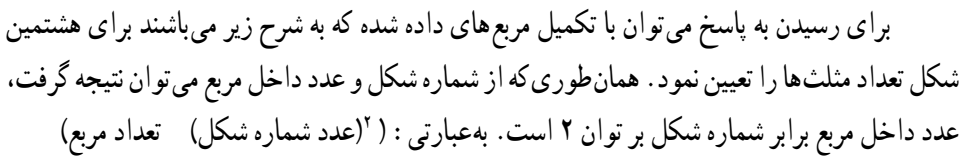
۶- مهارت شبیه سازی، پیش بینی و مدل سازی: استفاده از این مهارت برای الگوهای

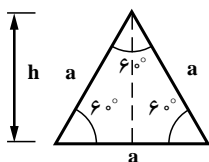
عددی و هندسی و یا تلفیق استفاده می شود. در این مهارت نکته قابل توجه دستیابی به رابطه بین اجزای الگوها و تعمیم آنها به اجزای پنهان می باشد.

با تمرین های هدفمند می توان این مهارت، که مهارت پیش بینی می باشد را در دانش آموزان تقویت نمود. بهتر است دانش آموزان را وادار به انتخاب الگویی مناسب نمایند و هر دانش آموز با ارائه الگوی خود، دانش آموزان دیگر را جهت کشف رابطه الگو وادار به تفکر نمایند. این الگوها براساس سلسله اعداد، رنگ، اندازه و شکل می باشند.

از نکات مهمی که برای تقویت این مهارت می توان برشمرد، ویژگی داده های عددی است که با دسته بندی و سازمان دهی آنها می توان رابطه بین آنها را کشف نمود.

به عنوان مثال، اشکال صفحه بعد از مثلث های کوچکی که با هم برابر هستند، ساخته شده اند، با پیدا کردن تعداد مثلث های کوچک هر شکل، با استفاده از رابطه آنها تعیین کنید در هشتمین شکل چند مثلث وجود دارد.

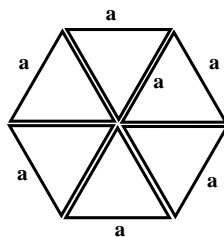




مثلث متوازی الاضلاع

$$h = a \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} a$$

$$A = \frac{1}{2} a \cdot h = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2$$



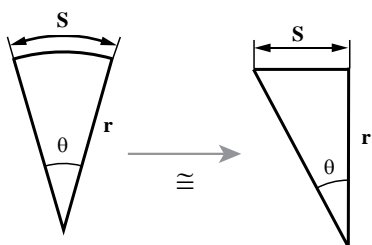
شش ضلعی منتظم (ترکیب ۶ مثلث متساوی الاضلاع)

$$A = 6 \left(\frac{\sqrt{3}}{4} a^2 \right) = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2$$

برای زوایای کوچک θ داریم:

$$\text{طول کمان } r \cdot \theta \quad \text{در زوایای کوچک } \text{tg} \theta = \frac{S}{r} \quad \text{tg} \theta = \theta = \frac{S}{r}$$

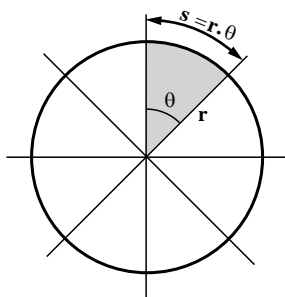
$$\text{مساحت } S = \frac{1}{2} r \cdot S = \frac{1}{2} r (r \cdot \theta) = \frac{1}{2} r^2 \cdot \theta$$



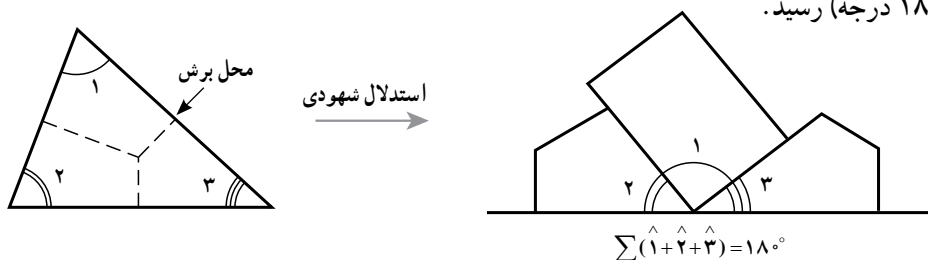
فرض کنید دایره به ۸ قسمت مطابق شکل تقسیم شده باشد ($\theta = \frac{2\pi}{8}$).

$$\text{مساحت ناحیه هاشورخورده } S_1 = \frac{1}{2} r^2 \cdot \theta$$

$$\text{مساحت کل دایره (۸ قسمت)} \quad 8S_1 = 8 \left(\frac{1}{2} r^2 \cdot \theta \right) = 8 \left(\frac{1}{2} r^2 \times \frac{2\pi}{8} \right) = \pi \cdot r^2$$



وقتی برای مثلث عنوان می‌شود که مجموع زوایای داخلی آن 180° درجه است می‌توان مثلی مطابق شکل را از مقوا برش داد و با بریدن آن از محل خط چین و کنار هم گذاشتن نیم صفحه (180° درجه) رسید.

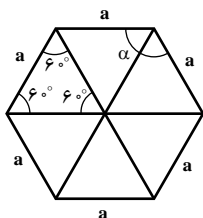


۸- مهارت فرضیه‌سازی و نظریه‌پردازی: فرضیه‌سازی یعنی استخراج نتایج از داده‌ها، فرض‌ها و اطلاعات درست. نظریه‌پردازی بسیار کلان تراز فرضیه‌سازی است و به مجموعه‌ای از فرضیه‌ها و تئوری‌های مرتبط بهم در یک حوزه اطلاق می‌شود. درستی یا نادرستی فرضیه‌ها و نظریه‌ها باید بررسی شوند. زیرا ممکن است از داده‌ها و فرض‌های درست، بعضاً نتیجه‌ای نادرست استخراج گردد. مبنای فرضیه‌سازی تجربه است و بدون داشتن تجربه امکان دست‌یابی به یک نظریه مستدل نخواهد بود. مهارت فرضیه‌سازی بسیار مهم است و نیاز به آموزش دارد. با واگذاری مسائلی از دانش‌آموزان خواسته شود که فرضیات و نظریه‌های خود را اعلام کنند و سپس با آزمون مناسبی راستی آزمایی کنند. یکی دیگر از مهارت‌های فرضیه‌سازی توسعه و تعمیم فرضیات آزموده شده است. به‌عنوان مثال برای تعیین زوایای داخلی یک n ضلعی برابر است با:

رابطه پیشنهاد (فرضیه)	مجموع زوایای داخلی	تعداد اضلاع	شکل	نام شکل
$(n-2) 180^\circ = (3-2) 180^\circ = 180^\circ$ ✓	$\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 = 180^\circ$	$n=3$		سه ضلعی
$(n-2) 180^\circ = (4-2) 180^\circ = 360^\circ$ ✓	$\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4 = 4 \times 90^\circ = 360^\circ$	$n=4$		چهار ضلعی
$(n-2) 180^\circ = (6-2) 180^\circ = 720^\circ$ ✓	$12 \times 60^\circ = 720^\circ$	$n=6$		شش ضلعی منتظم
	$(n-2) 180^\circ$ نتیجه و تعمیم فرضیه	$n=n$		n ضلعی

از اصل تعمیم‌پذیری براساس فرضیه بالا (مجموع زوایای داخلی n ضلعی برابر $180^\circ(n-2)$ درجه است) می‌توان استفاده کرد و اندازه هر زاویه یک n ضلعی را تعیین نمود.

$$\frac{180^\circ(n-2)}{n} = \frac{\text{مجموع زوایای گوشه‌های داخلی}}{\text{تعداد گوشه‌های داخلی}} = \text{اندازه زاویه هر گوشه داخلی } n \text{ ضلعی منتظم}$$



□ مثال: برای شش ضلعی منتظم داریم.

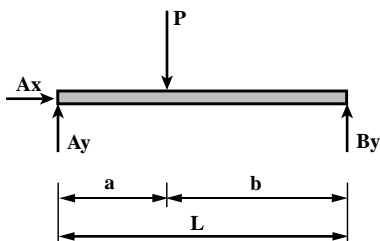
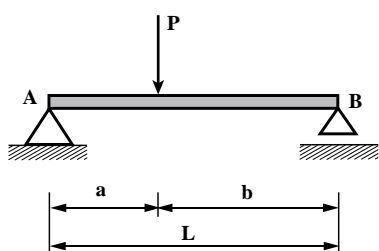
$$\alpha = \frac{(n-2)180^\circ}{n} = \frac{(6-2)180^\circ}{6} = \frac{4 \times 180^\circ}{6} = \frac{2 \times 180^\circ}{3} = 120^\circ \quad \checkmark$$

۹- مهارت کشف و استدلال: هرگاه برای حل یک مسئله راه حل‌های متعددی وجود داشته

باشد، انتخاب یک راه حل و توانایی بیان دلایل آن یک نوع استدلال محسوب می‌شود. برای تقویت استدلال می‌توان به بررسی حالت‌های خاص و یا متناقض پرداخت. در استدلال اثبات و ابطال کردن همواره به عنوان دو عامل استدلال مطرح می‌شوند.

وظیفه همکاران محترم هدایت دانش‌آموزان برای دقت بخشیدن به استدلال است. به عنوان مثال اگر بخواهیم یکی از عکس‌العمل‌های قائم تیر زیر را تعیین کنیم، می‌توانیم از معادلات تعادل ایستایی به شرح زیر کمک بگیریم.

$$\begin{cases} \sum f_x = 0 & (1) \\ \sum f_y = 0 & (2) \\ \sum M_{xy} = 0 & (3) \end{cases}$$



$$\sum f_x = 0 \xrightarrow{+} \Rightarrow \boxed{Ax = 0} \quad \text{الف)}$$

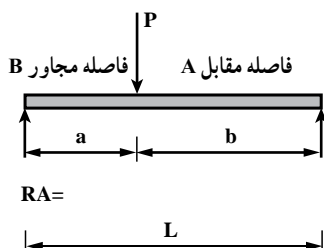
$$\sum f_y = 0 \xrightarrow{+} \Rightarrow \boxed{Ay + By = P} \quad \text{ب)}$$

$$\sum M_A = 0 \xrightarrow{+} \quad By \cdot L \quad P \cdot a = 0$$

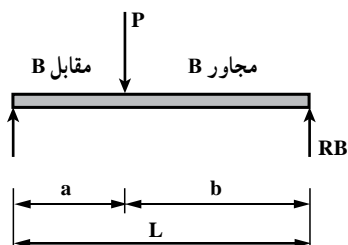
$$\boxed{By = \frac{P \cdot a}{L}} \quad \text{پ)}$$

$$\boxed{Ay = \frac{P \cdot b}{L}} \quad \text{به طریق مشابه}$$

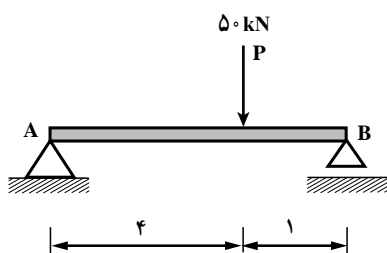
همان‌طوری که مشاهده می‌کنید دو معادله (۱) و (۲) که تشکیل گردید نتیجه خواسته شده را نداد و رابطه سوم توانست عکس‌العمل قائم تکیه‌گاه B را تعیین نماید. لذا می‌توان استدلال کرد که برای تعیین مؤلفه‌های قائم تکیه‌گاهی مناسب‌تر این است که از رابطه لنگر استفاده شود. همچنین با اندکی دقت در مقادیر دو مؤلفه عکس‌العمل $B_y = \frac{P.a}{L}$ و $A_y = \frac{P.b}{L}$ ملاحظه می‌شود که برای هر دو مؤلفه $\frac{P}{L}$ ثابت و تنها a و b متغیر هستند. اگر نام‌گذاری زیر را بپذیریم می‌توان با استفاده از اصل تعمیم‌پذیری به نتایج زیر رسید.



$$R_A = \frac{\text{فاصله مقابل} \times \text{نیروی متمرکز}}{\text{دهانه}} = \frac{P.b}{L}$$



$$R_B = \frac{\text{فاصله مقابل} \times \text{نیروی متمرکز}}{\text{دهانه}} = \frac{P.a}{L}$$



مثال: بیایید عکس‌العمل‌ها را :

$$R_A = \frac{50 \times 1}{5} = 10 \text{ KN}$$

$$R_B = \frac{50 \times 4}{5} = 40 \text{ KN}$$

۱۰- مهارت استفاده از تجهیزات، ابزار و فناوری: این مهارت، ستفاده درست و

صحیح از ابزارها و وسایل می‌باشد که دانش‌آموز بایستی توانایی تشخیص و تصمیم‌گیری در مورد

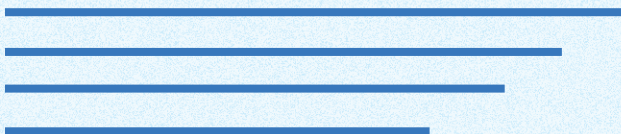
لزوم استفاده از آن را داشته باشد. در استفاده از ابزارها میزان دقت و یا خطای آنها بسیار مهم است. به عنوان مثال برای برداشت فاصله دو نقطه روی نقشه می توان از متر، خط کش، کولیس و یا پرگار استفاده نمود.

یکی از شیوه های به کارگیری خلاقیت دانش آموزان مهارت ساختن ابزارهای مناسب است که می توان به فراخور موضوعاتی که تدریس می شوند، ابزارهایی برای سهولت در اندازه گیری ها به دانش آموزان واگذار نمود تا بدین وسیله روح خلاقانه در آنها ایجاد نمود. به عنوان مثال اگر دانش آموز مهارت شناخت کلیدها و عملکرد یک ماشین حساب را نداند، قادر به استفاده صحیح از آن نخواهد بود، چه بسا که نتایج غلطی هم در اختیار وی قرار دهد.

بخش

سوم

روند شکل گیری کتاب راهنما



راهنمای کتاب‌های محاسبات فنی

در تنظیم این راهنما سعی شده است، الگویی مناسب و تقریباً واحد در نظر گرفته شود تا تکرار آن برای معلم محترم آسان شود و با تسلط بر شیوه‌های ارائه شده بازدهی حداکثر داشته باشد. احتمالاً به دلیل خاص بودن برخی موضوعات کتاب در بخش‌هایی، الگو انعطاف‌پذیری داشته باشد.

خلاصه فصل

در این قسمت خلاصه‌ای از کل فصل به عنوان چشم‌انداز و همچنین جهت تعیین مسیر آورده شده است.

روابط و فرمول‌های کلی فصل

در این بخش کلیه فرمول‌های فصل با تعریف اجزای آنها، نمایش داده شده‌اند که با یک نگاه می‌تواند برداشتی ذهن‌ساز و ساده‌کننده ایجاد نماید.

جدول بودجه‌بندی و فرایند اجرای برنامه‌ریزی درسی فصل

در این الگو، براساس موضوعات کتاب اقدام به دسته‌بندی آنها برای تدریس در جلسات آموزشی شده است که معلم به منظور برنامه‌ریزی می‌بایست تلاش نماید تا زمان‌بندی پیشنهادی رعایت گردد.

جدول زمان‌بندی فرایند تدریس در جلسات آموزشی

براساس این الگو موضوعاتی که در هر جلسه آموزشی باید مدنظر باشند به صورت الگو لیست شده‌اند تا معلم محترم با نگاه همه‌جانبه‌ای دانش‌آموز را هدایت نماید. به نوعی الگوی معرفی شده مدیریت منظم کلاس است که باعث کنترل نرم‌افزاری ذهن بوده و مطلبی اعم از مرور جلسه گذشته و یا جمع‌بندی مطالب تدریس شده در جلسه کنونی را گوشزد می‌نماید. همچنین زمان‌های پیشنهادی براساس حجم و سنگینی موضوعات تعیین شده‌اند تا مطابق مطالب معلم سرعت خود را تنظیم و از ورود حاشیه‌ها به فضای کلاس و اطاله زمان خوداری نماید.

دسته‌بندی مطالب براساس جلسات آموزشی

برای مدیریت هرچه بهتر و جبران کلاس‌هایی که به دلیل تقویمی و یا شرایط خاصی تعطیل

می شوند، براساس دو نیم سال موضوعات دسته بندی شده اند که انتظار می رود در ۲۸ جلسه آموزشی کلیه مطالب کتاب با نظم خاصی تدریس شود و از تغییرات شدید آهنگ تدریس جداً خودداری گردد. البته در این زمان بندی بسته به شرایط خاص منطقه ای و اقلیمی و همچنین وضعیت دانش آموزان، معلمان محترم می توانند تغییراتی را ایجاد نمایند که شایسته است دلایل آن جهت اعمال در کتاب های دیگر و یا وارد نمودن آنها به محتوای این کتاب را به آدرس مؤلف در مقدمه کتاب ارسال نمایند.

شکل گیری محتوای راهنما

تلاش به عمل آمده تا محتوا به صورت کامل ارائه گردد و از چاپ تصویر کتاب اصلی در داخل راهنما خودداری گردد، لذا بخش هایی که نیاز به اصلاح، توسعه و یا تشریح بیشتر دارند مورد تألیف قرار گرفته اند و بخش هایی که مطالب آنها کافی به نظر می رسد، عیناً با درج مطالب، داخل کادر مخصوصی (به شکل کتاب) انتقال داده شده اند.

مثال های اضافی و ضروری

در بخش های علاوه بر مثال های کتاب، نیاز به مثال های جدیدی می باشد که تحت عنوان مثال ۱، ۲ و ... در محتوا ذکر شده است که معلمان محترم می توانند براساس سلیقه خود تغییراتی در آنها ایجاد نمایند. اما این مثال ها بیشتر به منظور حذف اشتباهات رایج دانش آموزان می باشد و توصیه می شود حل آنها برای دانش آموزان مدنظر قرار گیرد.

تشریح و تحلیل مثال های کتاب

در محتوای این راهنما مثال های کتاب عیناً با شماره صفحه و قالب اصلی جهت تشریح و تحلیل آورده شده اند تا با یک بررسی اجمالی در صورت نیاز به راهنمایی و توضیح بیشتر مورد اقدام قرار گیرند.

حل پیوست کتاب

در ادامه مطالب، تمرین های کتاب حل شده اند تا بدین ترتیب پاسخ های واحدی برای تمرین ها وجود داشته باشند. البته همکاران محترم می توانند از شیوه های دیگری که به نظر آنها ممکن است مناسب باشد، تمرین ها را حل نمایند.

نشانه‌های علائم هدایتی

به جهت توجه دادن به اهمیت موضوعات از نشانه‌ها و علائمی استفاده شده است که در ابتدای هر پاراگراف مشخص شده‌اند تا بدین ترتیب از توضیح بیشتر خودداری و حجم کتاب کاهش یابد، برخی از این علائم به شرح زیر هستند و مفهوم آنها به صورت مختصر تعریف شده است.

● نمونه سؤال برای ارزشیابی

تعدادی سؤال برای ارزشیابی پایانی این موضوع در نظر گرفته شده است. سعی شده سؤال‌های غیر کلیشه‌ای استفاده شود. مجدداً متذکر می‌شویم استفاده مکرر معلمان از این سؤال آنها را به کلیشه‌های جدید تبدیل می‌کند.

● دانستنی‌هایی برای معلم

برای آنکه معلم بتواند تدریس و آموزش موفقی داشته باشد نیاز دارد اطلاعات کامل‌تری در اختیار داشته باشد. به این منظور، در قسمت دانستنی‌هایی برای معلم او را با فضایی علمی و عمیق‌تر آشنا کرده و تا حد امکان تاریخچه‌هایی از آن موضوع را یادآور می‌شویم.

● درس‌ها (زیرعنوان)

برای توضیح نحوه تدریس هر درس از واژه‌های خاصی استفاده شده است تا معلمان برحسب نیاز خود به آنها رجوع کنند. این عبارت‌ها به شرح زیرند:

● ایجاد انگیزه کنید

در این قسمت، ایده‌ها، فعالیت‌ها، طرح‌ها و روش‌هایی برای ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان پیشنهاد می‌شود. هدف این است که دانش‌آموز آمادگی شروع درس و قرار گرفتن در مسیر یادگیری را کسب کند.

● هدف فعالیت

هدف خاص فعالیت برای آگاهی معلم در این قسمت درج شده است. مطالعه این قسمت کمک می‌کند تا معلم دانش‌آموزان را هدایت بهتری کند و نقش تسهیل‌کننده خود را بهتر بازی کند.

● شروع کنید

چگونگی آغاز فرایند آموزش و ورود به مطلب در این بخش مشخص می‌شود. بدیهی است مطالب ارائه شده صرفاً پیشنهادی بوده و معلمان با توجه به سلاقی و شخصیت خود و همچنین شرایط کلاس و دانش‌آموزان رفتار ورودی خود را تنظیم خواهد کرد. چگونگی اجرای فعالیت و نقش اجرایی معلم نیز تشریح می‌شود.

● ادامه دهید

بعد از انجام فعالیت یا کار در کلاس چگونگی جمع‌بندی موضوع و ایجاد آمادگی برای فعالیت بعدی در این قسمت مشخص شده است.

● آموزش دهید

نکات اصلی، مفاهیم موردنظر و جمع‌بندی‌های معلم در این قسمت ذکر می‌شود.

● مشاهده کنید

این قسمت از اهمیت خاصی برخوردار است. معلم باید جزئیات کار و فعالیت دانش‌آموزان را به دقت مشاهده کند تا به نقاط ضعف و قوت دانش‌آموزان پی‌ببرد و بداند که هر دانش‌آموز به چه کمکی احتیاج دارد و بتواند براساس نتایج مشاهداتش هدایت بهتری کند.

● بپرسید

به سؤال‌هایی که در حین انجام فعالیت‌ها یا آموزش توسط معلم مطرح می‌شود تا دانش‌آموزان را به تفکر عمیق‌تر، بازنگری در کارهای انجام شده و تصمیم‌ها هدایت کند اشاره شده است. در اینجا تنها نمونه‌ای از سؤال‌های ممکن مطرح می‌شود. قطعاً معلمان با توجه به توانایی فرد می‌توانند سؤال‌های مشابهی مطرح کنند.

● توصیه‌های آموزشی

در هنگام اجرای طرح درس، دقت‌ها و ظرایفی وجود دارد که در اثر تجربه کسب می‌شود. در واقع توجه به این ظرایف کمک می‌کند جریان آموزش روان‌تر و بهتر اجرا شود. این نکات در قالب توصیه‌های آموزشی ارائه شده است.

● اشتباهات رایج دانش‌آموزان

باز هم در اثر تجربه می‌توان اشتباهات رایج و معمول دانش‌آموزان و یا بدفهمی‌های آنها را حدس زد و از قبل پیش‌بینی کرد. ذکر این نکات دو جنبه دارد: یکی اینکه معلم را آماده می‌کند تا تدابیری برای رفع این اشکالات بیندیشد و دوم آنکه سطح درک و توانایی‌های دانش‌آموزان در این سن را آشکار می‌کند.

● هدایت کنید

در صورتی که دانش‌آموزان نتوانند یک فعالیت را انجام دهند یا در بخشی از آن با مشکل مواجه شوند، لازم است به گونه‌ای راهنمایی شوند تا هم بتوانند فعالیت را انجام دهند و هم ایده‌ها توسط معلم مشخص شود. راهنمایی‌های لازم که از قبل می‌توان آنها را پیش‌بینی کرد در این بخش آمده است.

● هدف کار در کلاس و تمرین

سؤال‌هایی که در قسمت کار در کلاس و تمرین‌ها یا بخش مسائل قرار دارند در کتاب راهنمای معلم حل و پاسخ‌ها مشخص شده‌اند. اما بعضی از آنها نیاز به توجه ویژه دارند. همچنین معلمان باید هدف‌های موردنظر برای طرح سؤال‌ها را بدانند تا هدایت بهتری داشته باشند. به همین دلایل، در این قسمت هدف‌های کار در کلاس‌ها و تمرین‌ها و همچنین نکات خاص و ویژه بعضی از سؤال‌ها ذکر می‌شود.

● فعالیت موازی

همان‌طور که بیان شد معلمان باید با توجه به شرایط مختلف (توانایی خود، توانایی دانش‌آموزان، امکانات و ...) فعالیت مناسب را طراحی کنند. ممکن است فعالیت پیشنهاد شده در کتاب مناسب نباشد، به همین دلیل در بعضی موارد، فعالیت‌هایی پیشنهاد شده است که معلم در شرایط خاصی از آنها استفاده کند.

● توسعه

در بعضی از مدارس خاص با توجه به امکانات و شرایط مدرسه و دانش‌آموزان، معلمان فرصت برای کار بیشتر و تکمیلی نسبت به کتاب درسی دارند. اولیا و دانش‌آموزان نیز از برنامه‌های تکمیلی استقبال می‌کنند. اما متأسفانه کارهای تکمیلی جنبه سلیقه پیدا کرده و هر کس متناسب با علائق و تشخیص خود موضوعی جدید مطرح می‌کند. در این قسمت سعی شده است هدف‌های تکمیلی که در راستای برنامه و پرورش مهارت‌ها هستند پیشنهاد شوند تا مسیر توسعه تا حدی مشخص شود.

● فعالیت خارج از کلاس

بخشی از ارزشیابی مستمر دانش‌آموزان به فعالیت‌های خارج از کلاس اختصاص دارد. به همین دلیل در این قسمت، متناسب با موضوعات درسی، فعالیت‌هایی پیشنهاد شده است تا معلم به دانش‌آموزان توصیه کند. البته امکان انجام تمام فعالیت‌ها بسیار بعید به نظر می‌رسد. لذا معلمان می‌توانند تعدادی را متناسب با زمان انتخاب کنند. از طرف دیگر همه دانش‌آموزان لازم نیست تمام فعالیت‌ها را انجام دهند؛ بلکه می‌توانند از فعالیت‌های پیشنهادی معلم خود تعدادی را انتخاب کنند.

● استفاده از ابزار و تکنولوژی

همان‌طور که ذکر شد کتاب‌ها و برنامه موجود براساس کار با ماشین حساب و رایانه برنامه‌ریزی شده‌اند. در این قسمت، پیشنهادهایی برای چگونگی استفاده از ماشین حساب یا رایانه ارائه شده است تا در صورت مساعد بودن شرایط و امکانات آهسته آهسته، استفاده از این فناوری‌ها وارد برنامه درسی شود.

● تلفیق با سایر دروس

یکی از اصول آموزش ریاضی برقراری رابطه است. این ارتباط هم درونی و هم بیرونی است. در ارتباط درونی پیوستگی و یکپارچگی موضوعات و مفاهیم مختلف ریاضی مدنظر است و در ارتباط بیرونی، رابطه ریاضی با زندگی روزمره و یا سایر دروس و علوم موردنظر است. در این قسمت چگونگی برقراری این ارتباط پیشنهاد شده است.

شناسنامه کتاب

تعداد صفحات: ۱۵۷

تعداد فصول: ۹

تعداد عناوین مختلف: ۳۳

تعداد مثال‌های حل شده: ۸۰

تعداد تمرین‌ها: ۱۵۱

فصول، صفحات و زمان‌بندی آموزش ترمی

فصل ۱	فصل ۲	فصل ۳	فصل ۴	فصل ۵	فصل ۶	فصل ۷	فصل ۸	فصل ۹
۲۲ صفحه	۱ صفحه	۸ صفحه	۳۲ صفحه	۱۳ صفحه	۱۳ صفحه	۵ صفحه	۱۵ صفحه	۳۶ صفحه
۴ جلسه	۲ جلسه	۱ جلسه	۶ جلسه	۳ جلسه	۳ جلسه	۲ جلسه	۳ جلسه	
ترم اول (۱۳ جلسه آموزشی)			ترم دوم					

تعداد هفته‌های آموزشی در ماه‌های تحصیلی

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
۴ هفته	۴ هفته	۴ هفته	۲ هفته	۴ هفته	۴ هفته	۲ هفته	۴ هفته	امتحانات
<div> <div>۱ هفته</div> <div>۲ هفته</div> <div>۱ هفته</div> </div> آموزشی امتحان آموزشی								

اهمیت و کاربرد	دانش پایه فصل	موضوعات فصل	نمونه فصل
محاسبه طول – تعیین فواصل مجهول و با موانع تعیین طول جاده، کانال ها و میزان مسیرهای طی شده یا خط کشی شده	هندسه – جبر – فیزیک – مثالها	واحد اندازه گیری طول – تبدیل واحدهای طول – دقت – خطا – میانگین – به کارگیری قضیه فیثاغورث – تناسب – روابط مثلثاتی – محیط چند ضلعی – محیط دایره و بیضی	اول
تعیین زوایای چند ضلعی – نقشه برداری ترسیم کروکی – تفکیک – پیاده کردن نقشه – تعیین مساحت دقیق	هندسه – مثلثات	واحدهای اندازه گیری زاویه – تبدیل واحدهای اندازه گیری زاویه (درجه، گراد، رادیان) – زوایای مثلث – زوایای چند ضلعی	دوم
متره و برآورد – تعیین تعداد اجراها	آمار	مشخصات ابعادی آجر – تعیین طول دیوار در حالات مختلف – محاسبه ارتفاع دیوار	سوم
تعیین مساحت شکل های مختلف – تفکیک و کروکی مساحت سطوح ها جهت رنگ آمیزی – اندود کاری و تقاشی متره و برآورد – تعیین حجم و ظرفیت – تعیین وزن محاسبه وزن – بررسی تعادل – بارگذاری	هندسه – مثلثات	واحد سطح در سیستم SI – محاسبه مساحت شکل های مختلف (مثلث، چهارضلعی، چند ضلعی، دایره و بیضی) سطح جانی اشکال هندسی – احجام اشکال مرکب	چهارم
محاسبه وزن – برآورد و آنالیز بها	فیزیک – برآورد	واحد اندازه گیری حجم – تعیین حجم (احجام منشوری، هرم، مخروط و کره)	پنجم
ترسیم نقشه – پیاده سازی نقشه	هندسه – برآورد	واحد اندازه گیری جرم، وزن و چگالی – محاسبه جرم، چگالی و وزن	ششم
عملیات برداری – تعریف نیرو – تعیین برآیند و تجزیه بردارها	فیزیک – کمیت های برداری	مقیاس – کاربرد مقیاس در محاسبه (طول، سطح و حجم)	هفتم
	فضای دو و سه بعدی	مفهوم نقطه مادی (ذره) و جسم صلب – کمیت های برداری – بردار – بردار نیرو – تعادل نقطه مادی	نهم

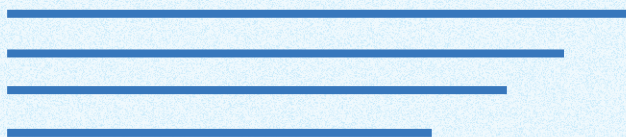
محدودیت‌های کتاب محاسبات فنی

- ۱- زمان کم جهت ارائه مطالب
- ۲- روابط و فرمول‌های متنوع و نسبتاً زیاد
- ۳- عدم پیوستگی مطالب و استقلال آنها
- ۴- گستره وسیع مطالب در عمده شاخه‌ها
- ۵- نیاز به تصویرسازی ذهنی جهت درک احجام و اشکال (درک فضایی)
- ۶- نیاز به ماشین حساب و ذخیره‌سازی و عملیات روی اعداد بزرگ و اعشاری
- ۷- کار با واحدهای مختلف و متنوع
- ۸- تعداد زیاد تمرین‌ها در برخی فصول
- ۹- حجم زیاد مثال‌ها و تمرین‌ها
- ۱۰- تسلط بر نقشه‌خوانی

بخش

چهارم

شیوه‌های ارزیابی کتاب درسی



محاسبه طول

خلاصه فصل

در این فصل دانش آموزان با مفهوم نسبت های مثلثاتی، به کارگیری فضای هندسی، مثلثاتی و روابط و فرمول ها آشنایی پیدا می کنند و توانایی به کارگیری آنها را به منظور تعیین طول ها، محیط ها و اندازه های مجهول کسب می نمایند.



اهداف فصل

نگرشی	مهارتی	دانش
۱- حرکت در یک مسیر مستقیم مانند حرکت بین خطوط جاده را به کار می بندد	۱- طول های معین را اندازه گیری می کند	۱- با انواع سیستم های اندازه گیری آشنا می شود
۲- نظیر حرکت روی یک دایره و یا شکل بسته قلمرو زندگی خود را می شناسد و به حریم دیگران تجاوز نمی کند	۲- میزان خطای اندازه گیری را مشخص می کند	۲- مفهوم فیزیکی متر را یاد می گیرد
۳- احترام به دانشمندان، معلمان و بزرگ ترها به واسطه انتقال دانش و زحمات آنان را خواهد داشت	۳- روابط مثلثاتی را برای اندازه گیری برخی طول های مجهول به کار می بندد	۳- اجزاء و اضعاف متر را می شناسد
۴- نظیر محیط خطوط باز و بسته، توانایی شناخت حریم های حرام و حلال الهی	۴- روابط و فرمول ها را برای محاسبه محیط اشکال هندسی به کار می گیرد	۴- روابط مثلثاتی را یاد می گیرد
	۵- توانایی محاسبه محیط ساختمان مدرسه، اتاق خواب و چند ضلعی را کسب می نماید	۵- قضیه فیثاغورث را یاد می گیرد
		۶- با مفهوم دقت و خطا آشنا می شود
		۷- با روابط مربوط به محیط اشکال آشنا می شود

۱- واحد اندازه گیری طول

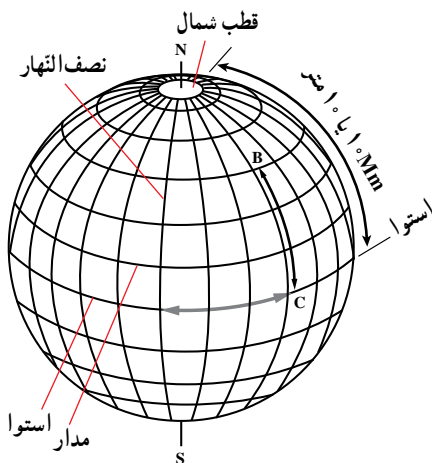
کمیت های فیزیکی از عناصر ساختاری علم مکانیک هستند که به دو دسته «کمیت های اصلی و فرعی» تقسیم می شوند.

کمیت های اصلی را نمی توان برحسب دیگر کمیت های فیزیکی تعریف کرد، این کمیت ها برای توصیف کامل و نامتناقض تمامی کمیت های دیگر فیزیکی استفاده می شوند. در مکانیک کمیت های اصلی عبارت اند از: طول و زمان.

کمیت های فرعی، کمیت هایی هستند که تعریف آنها براساس و پایه اندازه گیری دیگر کمیت هاست. در مکانیک کمیت های فرعی عبارت اند از: سطح، حجم، سرعت و شتاب برخی از کمیت ها هم به صورت اصلی و هم به صورت فرعی مدنظر قرار می گیرند که جرم و نیرو از این دست کمیت ها هستند. به منظور ساماندهی کمیت ها از دو دستگاه اصلی آحاد استفاده می شود که عبارت اند از:

۱-۱- دستگاه انگلیسی (دستگاه واحدهای ایالات متحده)

این دستگاه که زمانی دستگاه گرانشی نامیده می شد تا سال های گذشته توسط تعدادی از کشورهای امریکایی و اروپایی مورد استفاده قرار می گرفت که در این دستگاه کمیت های اصلی عبارت اند از: طول (برحسب فوت «ft»)، نیرو (برحسب پوند «lb») و زمان (برحسب ثانیه «s») در این دستگاه واحد جرم یک واحد فرعی است که اسلاگ «Slag» نامیده می شود و یک دستگاه گرانشی است و مطلق نیست.



۲-۱- دستگاه بین المللی واحد

دستگاه متریک اولیه بر پایه دو کمیت اصلی واحدها یعنی طول و جرم بنا شده بود و با انتخاب زمان و واحد سنجش آنها به ترتیب با متر (m)، کیلوگرم (kg) و ثانیه (s)، دستگاه MKS عملی را به وجود آورد که تا سالیان متمادی از این سیستم استفاده می شد تا اینکه در سال ۱۹۶۰

میلادی در یازدهمین همایش عمومی اوزان و مقیاس‌ها، دستگاه بین‌المللی واحدها به‌عنوان استاندارد بین‌المللی به‌صورت رسمی پذیرفته شد. این دستگاه که با مخفف system International به‌صورت SI نمایش داده می‌شود به سرعت در دیگر کشورهای که دارای سیستم انگلیسی هستند توسعه یافت و ارتباط اجزا و اضعاف آن توسط پیشنهادهایی برقرار می‌شود.

آیا می‌دانستید که؟

پایه و اساس سیستم اندازه‌گیری، اصولاً براساس اندازه‌های انسانی مانند وجب دست شما بوده است. یک مایل برابر ۱۰۰۰ قدم یک سرباز رومی و یک یارد برابر با فاصله بین بینی و نوک انگشت شست دست پادشاه انگلستان بوده است! و چون پادشاه همواره در دسترس نبوده است، هر کس از دست خود، در حالی که آن را دراز کرده بود، برای اندازه‌گیری یارد استفاده می‌کرده است. تفاوت‌های موجود بین اندازه بدن انسان‌ها، نیاز به یک استاندارد برای اندازه‌گیری به‌وجود آورد. در سال ۱۷۹۱، دانشمندان فرانسوی، سیستم متریک را برای اندازه‌گیری اختراع کردند. یک ده میلیونم فاصله قطب شمال تا خط استوا را روی یک میله فلزی نشانه‌گذاری کردند. تعدادی میله مانند آن ساخته و برای اندازه‌گیری طول‌ها براساس سیستم متریک از آنها استفاده شد. با پیشرفت تکنولوژی، واحدهای اندازه‌گیری دقیق‌تری ایجاد شد.

هم‌اکنون ۱ متر استاندارد، برابر است با فاصله‌ای که نور در زمان $\frac{1}{299,792,458}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند.

واحدهای اصلی در سیستم دستگاه بین‌المللی واحدها عبارت‌اند از: طول، جرم و زمان و واحدهای فرعی عبارت‌اند از: سطح، حجم، چگالی، نیرو، فشار، تنش و گشتاور نیرو.

جدول ۱-۱ واحدهای اصلی و علامت‌های آنها

کمیّت	نام واحد	علامت
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s

جدول ۱-۲ واحدهای فرعی و علامت‌های آنها

کمیّت	نام واحد	علامت
سطح	متر مربع	m ^۲
حجم	متر مکعب	m ^۳
چگالی	کیلوگرم بر متر مکعب	kg/m ^۳
نیرو	کیلوگرم متر بر مجذور ثانیه (نیوتن)	N
فشار	نیوتن بر متر مربع (پاسگال)	Pa
تنش	نیوتن بر متر مربع (پاسگال)	Pa
گشتاور نیرو	نیوتن - متر	N m



۱-۳- واحد طول در دستگاه بین‌المللی واحدها (SI)

این واحد با متر (meter) نمایش داده می‌شود و علامت آن «m» می‌باشد که برای طول‌های کوچک و بزرگ‌تر از واحد متر، از پیشوندهای این دستگاه تحت عنوان ضرایب اجزا و اضعاف استفاده می‌شود.

۱-۴- اجزا و اضعاف متر

برای اندازه‌گیری طول‌های کوچک‌تر از متر از اجزای متر نظیر دسی‌متر (dm)، سانتی‌متر (cm)، میلی‌متر (mm) و ... و برای طول‌های بزرگ‌تر از متر از اضعاف متر نظیر دکامتر (dam)، هکتومتر (hm)، کیلومتر (km) و ... استفاده می‌شود، در جدول ۱-۳، علائم استاندارد اجزا و اضعاف واحد طول به‌صورت پیشوندهایی در مقابل نام آنها آورده شده است.

جدول ۱-۳- پیشوندهای دستگاه SI

	پیشوند		ضرایبی که واحد متر (m) در آن ضرب می‌شود
	علامت	نام	
تضعیف 	Em	اگزامتر	10^{18}
	Pm	پتامتر	10^{15}
	Tm	ترامتر	10^{12}
	Gm	گیگامتر	10^9
	Mm	مگامتر	10^6
	Km	کیلومتر	10^3
	hm	هکتومتر	10^2
	dam	دکامتر	10^1
مبنا	m	متر	10^0
 اجزا	dm	دسی‌متر	10^{-1}
	cm	سانتی‌متر	10^{-2}
	mm	میلی‌متر	10^{-3}
	μm	میکرومتر	10^{-6}
	nm	نانومتر	10^{-9}
	pm	پیکومتر	10^{-12}
	fm	فمتومتر	10^{-15}
	am	آتومتر	10^{-18}

$$\frac{1}{X^a} = X^{-a}$$

برای جابه‌جایی یک عدد از مخرج به صورت کافی است توان آن را منفی کنیم و یا بالعکس.

□ مثال:

$$\frac{1}{100} = 0/01$$

$$\frac{1}{100} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2} = 0/01$$

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1000} = 0/001$$

$$10^4 = \frac{1}{10^{-4}} = \frac{1}{\frac{1}{10^4}} = \frac{1}{\frac{1}{10000}} = 10000$$

۵-۱- اجزا و اضعاف کاربردی در اندازه‌گیری طول‌های ساختمانی

در اندازه‌گیری‌های متداول ساختمانی عموماً تا سه سطح در اجزا و اضعاف استفاده می‌شود. در جدول ۱-۴ سطوح مورد اشاره نمایش داده شده است.

جدول ۱-۴- جدول اجزا و اضعاف کاربردی در اندازه‌گیری طول‌های ساختمانی

اضعاف واحد طول			اجزای واحد طول		
علامت	ضریب	مثال	علامت	ضریب	مثال
da = دکا =	۱	۱ dam = ۱ m	d = دسی =	/ ۱	۱ dm = / ۱ m
h = هکتو =	۱	۱ hm = ۱ m	c = سانتی =	/ ۱	۱ cm = / ۱ m
k = کیلو =	۱	۱ km = ۱ m	m = میلی =	/ ۱	۱ mm = / ۱ m

نکته: از طریق ضرایب جدول ۱-۴، مثال‌های صفحه بعد را حل کنید.

□ مثال ۱: یک متر چند هکتومتر است؟

پاسخ: با استفاده از تناسب داریم:

$$1 \text{ hm} = 100 \text{ m} \Rightarrow \begin{cases} \text{hm} & \text{m} \\ 1 & 100 \\ x & 1 \end{cases} \Rightarrow x = \frac{1 \times 1}{100} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ hm}$$

[یک متر برابر یکصدم هکتومتر است.]

□ مثال ۲: ۲۴۵ میلی متر چند متر است؟

$$1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \text{mm} & \text{m} \\ 1 & 1 \\ 245 & x \end{cases} \Rightarrow x = \frac{245 \times \frac{1}{1000}}{1} = \frac{245}{1000} = 2/45 \text{ m}$$

[۲۴۵ میلی متر برابر ۲/۴۵ متر است.]

۱-۶- کاربرد جدول تبدیل واحدهای طول

به منظور سهولت و پرهیز از به کارگیری تناسب از جدول ۱-۵ که ضرایب تبدیل به صورت توان هایی از ۱۰ می باشند، می توان استفاده کرد. در این جدول هر واحد را به سادگی بر حسب واحدهای دیگری می توان بیان نمود.

جدول ۱-۵- جدول ضرایب تبدیل واحدهای طول به صورت توان هایی از ۱۰

کیلو متر k m	هکتومتر h m	دکامتر da m	متر m	دسی متر dm	سانتی متر cm	میلی متر mm	اجزا و اضعاف واحد طول
۱ ^{-۶}	۱ ^{-۵}	۱ ^{-۴}	۱ ^{-۳}	۱ ^{-۲}	۱ ^{-۱}	۱*	۱ mm (یک میلی متر)
۱ ^{-۵}	۱ ^{-۴}	۱ ^{-۳}	۱ ^{-۲}	۱ ^{-۱}	۱*	۱ ^۱	۱ cm (یک سانتی متر)
۱ ^{-۴}	۱ ^{-۳}	۱ ^{-۲}	۱ ^{-۱}	۱*	۱	۱ ^۲	۱ dm (یک دسی متر)
۱ ^{-۳}	۱ ^{-۲}	۱ ^{-۱}	۱*	۱ ^۱	۱ ^۲	۱ ^۳	۱ m (یک متر)
۱ ^{-۲}	۱ ^{-۱}	۱*	۱ ^۱	۱ ^۲	۱ ^۳	۱ ^۴	۱ da m (یک دکامتر)
۱ ^{-۱}	۱*	۱ ^۱	۱ ^۲	۱ ^۳	۱ ^۴	۱ ^۵	۱ h m (یک هکتومتر)
۱*	۱ ^۱	۱ ^۲	۱ ^۳	۱ ^۴	۱ ^۵	۱ ^۶	۱ k m (یک کیلو متر)

* برای یکنواختی اعداد جدول می توان عدد یک را به صورت ۱۰ هم نوشت.

توجه: شروع عملیات جهت انتخاب ضریب از سمت چپ جدول می باشد.
مثال ۱: یک متر چند هکتومتر است؟

$$1 \text{ m} = 10^{-2} \text{ hm} = \frac{1}{100} \text{ hm} = 0.01 \text{ hm}$$

پاسخ: [یک متر، یکصدم هکتومتر است.]

مثال ۲: یک دسی متر چند میلی متر است؟

$$1 \text{ dm} = 10^{-2} \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

پاسخ: [یک دسی متر، صد میلی متر است.]

مثال ۳: یک دسی متر، چند کیلومتر است؟

$$1 \text{ dm} = 10^{-4} \text{ km} = \frac{1}{10000} \text{ km} = 0.0001 \text{ km}$$

پاسخ: [یک دسی متر، یک ده هزارم کیلومتر است.]

خودآزمایی

دانش آموزان با به کارگیری جدول ۱-۵ به سؤالات زیر پاسخ دهند.

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| س ۱- یک میلی متر چند متر است؟ | پاسخ: 10^{-3} |
| س ۲- یک کیلومتر چند هکتومتر است؟ | پاسخ: 10^2 |
| س ۳- یک دکامتر چند دسی متر است؟ | پاسخ: 10^2 |
| س ۴- یک متر چند میلی متر است؟ | پاسخ: 10^3 |
| س ۵- یک هکتومتر چند سانتی متر است؟ | پاسخ: 10^4 |
| س ۶- یک سانتی متر چند میلی متر است؟ | پاسخ: 10^0 |
| س ۷- یک میلی متر چند دکامتر است؟ | پاسخ: 10^{-4} |
| س ۸- یک متر چند کیلومتر است؟ | پاسخ: 10^{-3} |
| س ۹- یک دسی متر چند متر است؟ | پاسخ: 10^{-1} |
| س ۱۰- یک کیلومتر چند میلی متر است؟ | پاسخ: 10^6 |

$$10^x$$

هر عدد مثبت غیر صفر به توان صفر برابر یک است.

□ مثال :

$$10^0 = 1$$

$$10^{00} = 1$$

۱-۲. تبدیل اعداد صحیح و اعشاری به صورت علمی

به منظور پرهیز از نوشتن صفرهای زیاد در جلوی اعداد و یا صفرهای پشت ممیز آنها را به صورت علمی (توان 10) نمایش می دهند. در ماشین حساب ها برای نمایش اعداد علمی از کلید Exp و یا مخفف آن E استفاده می شود.

□ مثال ۱: تبدیل اعداد بزرگ به صورت علمی

$$50000 = 5 \times 10^4 = 5E4$$

$$100000 = 1 \times 10^5 = 1E5$$

$$25000000 = 2/5 \times 10^7 = 2/5E7$$

$$111111111 \cong 1/11 \times 10^8 = 1/11E8$$

توجه: بسته به دقت و اهمیت عدد می توان یک رقم عدد صحیح و حداقل ۲ رقم اعشار را برای نماد علمی حفظ کرد. در برخی موارد رقم صحیح را به دو و بیشتر افزایش می دهند. مانند :

$$25000000 = 25 \times 10^6 = 25E6$$

$$4751000000 = 4751 \times 10^6 = 4751E6$$

صورت استاندارد اعداد علمی حفظ یک رقم صحیح و در محاسبات زاویه و مثلثاتی تا چهار رقم اعشار می باشد. مانند :

$$2/1278 \times 10^4 = 2/1278E4$$

□ مثال ۲: تبدیل اعداد کوچک به صورت علمی :

$$0/1 = \frac{1}{10^0} = \frac{1}{10^1} = 1 \times 10^{-1} = 1E-1$$

$$0/001 = \frac{1}{1000} = \frac{1}{10^3} = 1 \times 10^{-3} = 1E-3$$

$$0.000761 = \frac{761}{1000000} = \frac{761}{10^6} =$$

$$761 \times 10^{-6} = 76 / 1 \times 10^{-5} = 7 / 61 \times 10^{-4} = 7 / 61 \text{ E} - 4$$

پایه آوری از بحث عملیات بر روی اعداد توان داره

عدد a^b را یک عدد توان دار می نامند که در آن a پایه و b توان می باشد که می توان قواعد زیر را برای عملیات روی آنها به کار گرفت.

$$a^b \times a^c = a^{b+c}$$

مثال :

$$a^2 \times a^4 = a^{(2+4)} = a^6$$

$$a^5 \times a^2 = a^{(5+2)} = a^7$$

نکته :

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

مثال :

$$a^5 \times a^{-2} = a^5 \times \frac{1}{a^2} = \frac{a^5}{a^2} = a^3$$

نکته :

$$\frac{a^m}{b^n} = a^m \times b^{-n}$$

مثال :

$$\frac{5^{-4}}{5^6} = 5^{-4} \times 5^{-6} = 5^{-10} = \frac{1}{5^{10}}$$

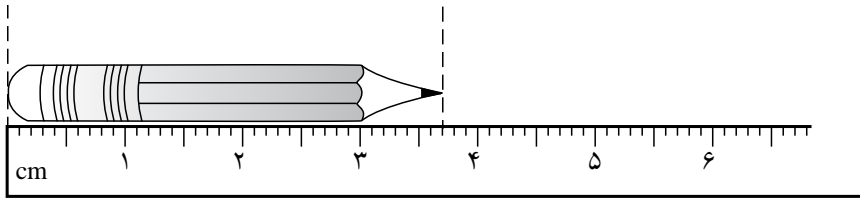
۸-۱- دقت

کوچک ترین تقسیمات یک وسیله اندازه گیری را دقت آن وسیله می نامند.

می دانیم : اعداد چاپ شده روی خط کش متریک، بیانگر اندازه برحسب واحد سانتی متر هستند. هر یک از قسمت های کوچک بین دو عدد مجاور برابر $1/10$ سانتی متر (۱ میلی متر) است و دقت اندازه گیری در حد میلی متر است.

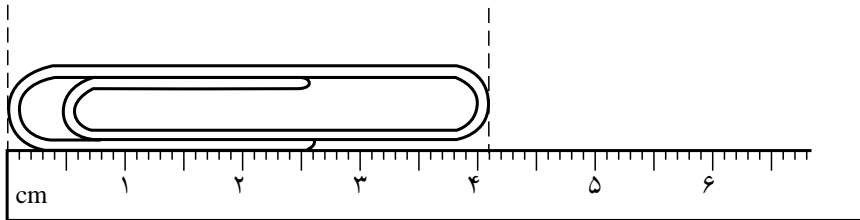


مثال ۱: طول مداد نشان داده شده را بر حسب سانتی متر تعیین کنید. (پاسخ را با دقت $\frac{1}{10}$ سانتی متر بیان کنید.)



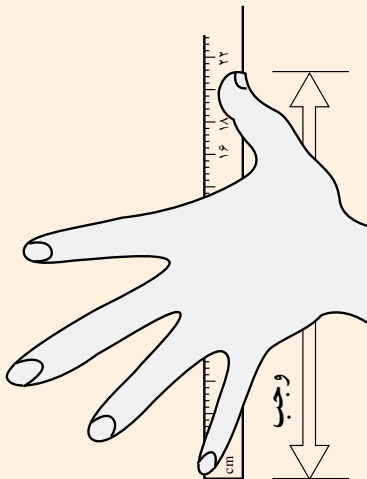
پاسخ: $3\frac{7}{10}$ سانتی متر

مثال ۲: طول گیره نشان داده شده بر حسب میلی متر را تعیین کنید.



پاسخ: ۴۱ میلی متر

فعالیت



دست را آزادانه تا آخر باز کرده و توسط خط کش مناسبی فاصله نوک انگشت شصت و انگشت کوچک دستتان را برای پنج بار تعیین و سپس متوسط اندازه‌های گرفته شده را به عنوان فاصله وجب دست شما، می‌تواند برای مواقع اضطراری که دسترسی به وسایل اندازه‌گیری دقیق نباشد مورد استفاده قرار گیرد. برای بررسی دقت آن می‌توانید طول یک پنجره را با متر و وجب تعیین کنید و دقت اندازه‌گیری با وجب را تعیین کنید.

تحلیل مثال‌های صفحه ۴ کتاب درسی :

مثال ۱ : طول یک پاره خط را با خط کشی که کوچک‌ترین تقسیمات آن میلی‌متر است اندازه می‌گیریم؛ به این ترتیب دقت این خط کش در حد میلی‌متر است.



تحلیل مثال ۱ :

دقت : عبارت است از کوچک‌ترین واحد اندازه‌گیری ابزار

مثال ۲ : طول زمینی را چهار بار اندازه‌گیری و اعداد زیر را ثبت کرده‌اند :

$756/42\text{ m}$ و $756/60\text{ m}$ و $756/52\text{ m}$ و $756/58\text{ m}$

با توجه به اندازه‌های داده شده درمی‌یابیم که دقت وسیله مورد استفاده در حد سانتی‌متر بوده است



تحلیل مثال ۲ : چون واحد طول‌های اندازه‌گیری شده بر حسب متر است و تا دو رقم اعشار (صدم متر) دقت دارد، دقت اندازه‌گیری در حد سانتی‌متر است.

۹-۱- خطا

اختلاف یک اندازه گرفته شده را با مقدار واقعی، خطای اندازه‌گیری می‌نامند.

مثال : یک طول ۱۰۰ متری را دوبار اندازه‌گیری و اعداد زیر را ثبت کرده‌ایم :

۹۹/۹۲ بار اول

۱۰۰/۰۴ بار دوم

100 m $99/92\text{ m}$ $0/08\text{ m}$ 8 cm

خطای اندازه‌گیری در بار اول

100 m $100/04\text{ m}$ $0/04\text{ m}$ 4 cm

خطای اندازه‌گیری در بار دوم



تحلیل مثال : خطا عبارت است از اختلاف بین طول واقعی و طول اندازه‌گیری شده که می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

۱۰-۱- بهترین مقدار

وقتی مقدار واقعی یک کمیت مشخص نباشد، به اندازه گیری آن می پردازیم و به این ترتیب در عمل به جای مقدار واقعی که مجهول است، از میانگین اندازه گیری ها استفاده می کنیم. بهترین مقدار برای نشان دادن اندازه واقعی یک کمیت، میانگین اندازه گیری هاست.

مثال : طولی را سه بار اندازه گیری و اعداد زیر را ثبت کرده ایم :

$$۱۸۵۹/۴۲\text{m و } ۱۸۵۹/۳۵\text{m و } ۱۸۵۹/۶۱\text{m}$$

بهترین مقدار برای طول مورد نظر عبارت است از :

$$\frac{۱۸۵۹/۴۲+۱۸۵۹/۳۵+۱۸۵۹/۶۱}{۳}=۱۸۵۹/۴۶\text{m}$$



تحلیل مثال : در اندازه گیری های تکراری بهترین طول (محتمل ترین طول) در صورت عدم وجود اشتباه که در صفحات بعد به آن پرداخته می شود، متوسط آنها است.

۱۱-۱- عوامل ایجاد خطا و اشتباه

خطاها به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند :

الف) خطاهای تجهیزاتی

ب) خطاهای اتفاقی

خطاهای تجهیزاتی ناشی از نقص وسایل اندازه گیری بوده و همواره با یک علامت (مثبت یا منفی) تجمع می شوند. منشأ این خطاها را با آزمودن می توان پیدا کرد و یا توسط اعمال شیوه ها و یا ضرایبی آنها را کاهش داد و یا حذف نمود.

خطاهای اتفاقی ناشی از نحوه اندازه گیری و نارسایی حواس هستند و اثر آنها جمعیتی نیست، به عبارتی انباشت خطاهای اتفاقی هم علامت (مثبت یا منفی) نیست.

۱۲-۱- متحمل ترین مقدار یک کمیت اندازه گیری شده

اگر کمیتی را n بار اندازه گیری کنیم و مقادیر به دست آمده را x_1 و x_2 و x_3 و ... و x_n بنامیم، محتمل ترین مقدار کمیت که x فرض می شود از رابطه زیر به دست می آید :

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

چون اندازه واقعی دست نیافتنی است، مقدار x به جای آن پیشنهاد می شود.

۱۳-۱- اشتباه

هرگاه خطای یک اندازه گیری بیش از حد مجاز باشد به آن اشتباه می گویند. معمولاً خطای مجاز را حدود ۲ تا ۳ برابر دقت وسیله اندازه گیری در نظر می گیرند. در جدول ۱-۶ خطای مجاز تقریبی متر کمری و متر بلند را مشاهده می کنید.

جدول ۱-۶- خطای مجاز وسایل اندازه گیری

خطای مجاز	نام وسیله اندازه گیری
۲ تا ۳ میلی متر	متر کمری
۲ تا ۳ سانتی متر	متر بلند

در کارهای معمولی، هر طول را حداقل دو بار اندازه می گیریم تا مطمئن شویم که اشتباهی رخ نداده است. در کارهای دقیق، تعداد دفعات اندازه گیری یک طول افزایش می یابد؛ حتی ممکن است یک طول را ده بار یا بیشتر اندازه گیری کنند تا میانگین آنها به مقدار واقعی نزدیک تر باشد. اما باید به نکته زیر توجه کنید :

قبل از گرفتن میانگین اندازه ها، اندازه اشتباه باید حذف شود.

تحلیل مثال صفحه ۵ کتاب درسی :

مثال : طول قطعه زمینی را سه بار اندازه گیری و به صوت زیر ثبت کرده ایم .

$$58/06 \text{ m و } 58/12 \text{ m و } 58/90 \text{ m}$$

بهترین مقدار برای طول این قطعه زمین چند متر است؟

عدد $58/90$ به طور آشکار با میانگین دو عدد دیگر اختلاف فراوانی دارد و به روشنی مشخص است که این اندازه گیری اشتباه می باشد و باید حذف شود؛ پس داریم :

$$\text{طول قطعه زمین} = \frac{58/06 \text{ m} + 58/12 \text{ m}}{2} = 58/90 \text{ m}$$



تحلیل مثال : اختلاف دو اندازه اول و دوم ۶ سانتی متر است در حالی که اختلاف اندازه سوم با دو اندازه اول و دوم حدود ۸۰ سانتی متر است که نشان از اشتباه بودن آن است و بهترین اندازه متوسط اندازه های مورد قبول (اول و دوم) است.

۱-۱۴- دانش افزایی

برای کمیتی که n بار اندازه گیری شده باشد و طول های به دست آمده به ترتیب $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ باشند آنگاه متوسط کمیت های اندازه گیری شده عبارت است از :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

بنابراین مقدار خطای هر بار اندازه گیری برابر است با :

$$e_1 \quad x_1 \quad x$$

$$e_2 \quad x_2 \quad x$$

$$e_3 \quad x_3 \quad x$$

⋮

$$e_n \quad x_n \quad x$$

⋮

$$e_n \quad x_n \quad x$$

۱-۱۴-۱ خطای متوسط هندسی یا استاندارد: این خطا مبنای خطای وسایل اندازه‌گیری

است و با رابطه زیر مشخص می‌شوند.

$$e_q = \pm \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-1}}$$

۱-۱۴-۲ خطای ماکزیمم: خطایی است که احتمال وقوع آن یک درصد است و هر

اندازه‌گیری که مقدار خطایش از خطای ماکزیمم بیشتر باشد اشتباه است.

$$e_M = 2/5 e_q$$

بیشتر بدانید

خطای کماتش متر در اثر وزن خود: این خطا در اثر وزن نوار متر به وجود می‌آید

و از نوع خطاهای تدریجی کم شونده است. که نسبت عکس با کشش متر دارد و برای کاهش آن باید نوار متر به اندازه کافی کشیده شود و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$C_g = \frac{L \times W^2}{24 F^2} \text{ و } W = q \cdot L$$

W وزن کل متر

q وزن یک متر از نوار متر بر حسب kg/m

L طول متر

F نیروی کششی متر ناشی از کشش است بر حسب kg

مثال: یک متر فلزی ۵۰ متری که وزن هر متر طول آن ۳۰ گرم است با نیروی ۱۰ کیلوگرم

کشیده شده است، مطلوب است تعیین خطای کماتی بودن متر برای هر دهانه ۵۰ متری.

$$q = 30 \text{ gram/m} = \frac{30}{1000} \text{ kg/m} = 0.03 \text{ kg/m}$$

$$L = 50 \text{ m} \quad W = 0.03 \times 50 = 1.5 \text{ kg}$$

$$C_g = \frac{(50 \times 1000) \times 1.5^2}{24 \times 10^2} = 46.88 \text{ mm}$$

$$C_g \cong 47 \text{ mm (کاهش)}$$

نتیجه: در هر اندازه‌گیری ۵۰ متری، معادل ۴۷ میلی‌متر از طول واقعی کسر می‌شود،

که با افزودن آن به هر طول ۵۰ متری خطاها حذف می‌شوند.