

راهنمای آموزشی فزیک صنف دوازدهم (دور ششم)

اهداف آموزشی:

1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (فشار تراکی یا تنش، طول و فشار، مودول بلک، مودول شیر) آشنایی کامل دریافت کنند.

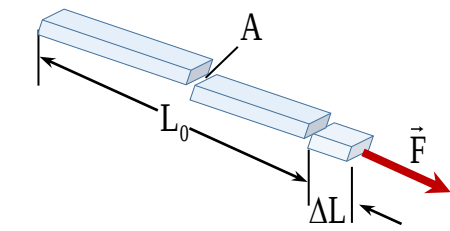
2_ دانش آموزان با موارد استفاده از فشار تراکی و مودول شیر آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات هذا آشنا شده و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول:

استریس (Stress) و استرین (Strain) کششی

در نگاره زیر جسمی را نشان می‌دهد، که در اول دارای سطح مقطع یک‌نواخت با مساحت A و طول L_0 است، سپس قوه $\vec{F}$ به انتهای آن وارد می‌کنیم، جسم به اندازه ΔL دراز می‌گردد، در این صورت می‌گوییم که جسم تحت کشش است، که برای همیشه قوه عمود بر سطح مقطع وارد می‌شود، که استریس کششی δ در سطح مقطع را به صورت نسبت قوه $\vec{F}$ به مساحت سطح مقطع A تعریف می‌شود. دراز شدن جسم فقط از نتیجه بزرگی فاصله بین مالیکول‌ها و یا اتوم‌ها به میان می‌آید. فشاری که در مقطع معین سیم به واسطه قوه F به وجود می‌آید تحت تأثیر قوه ثابت F با مقطع سیم معکوساً متناسب است. یعنی با باریک شدن سیم، فشار بالای آن زیاد می‌شود. اگر این کار دوام پیدا کند، فشار فوق‌العاده زیاد می‌گردد و ممکن است که سیم کنده (قطع) شود. اگر مقطع سیم ثابت نگه داشته شود، با زیاد شدن قوه فشار بالای جسم افزایش می‌یابد و این به معنای آن است که سیم دیگر نمی‌تواند فشار را تحمل کند و ارتباط بین اتوم‌های ساختمانی جسم قطع می‌گردد و سیم قطع خواهد شد. گاه‌گاه‌ها طوری واقع می‌شود که سیم قطع نمی‌شود، بلکه در شکل فیزیکی آن تغییر به وجود می‌آید که در تخنیک این خاصیت فلزات در نظر گرفته می‌شود و کوشش می‌شود که تغییر شکلی که در اثر حوادث مختلف تحت تأثیر قوه به وجود می‌آید، بعد از دور شدن قوه، جسم حالت اولی خویش را اختیار نماید، که در حقیقت به این خصوصیت حالت ارتجاعی فلز یا جسم گفته می‌شود.



$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \Rightarrow \delta = \frac{F}{A} = \frac{kx}{A}, \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{pa} \right)$$

در رابطه بالا مقدار $\frac{k}{A}$ ثابت تناسب گفته می‌شود، در حالی که k یک کمیت ثابت قانون هوک است، که مربوط به خصوصیت‌های اجسام ارتجاعی می‌باشد، در سیستم بین‌المللی اندازه‌گیری واحدها (SI)، واحد فشار یا استریس پاسکال است، در صورتی که یک نیوتن قوه بر سطح یک 1m^2 عموداً عمل نماید. در تخنیک، فشار بالای سیم‌ها به کیلوپاسکال محاسبه می‌گردد.

مثال 1. یک سیم مسی که قطر مقطع آن 0.003m است، برای اندازه‌کردن Stress آن به یک لابراتوار تخنیک انتقال می‌گردد. اگر کارکنان تخنیک 100kg کتله را از مقطع آن آویزان کنند فشار قوه را بر مقطع سیم به kpa حساب کنید.

حل.

$$d = 0.003\text{m} \Rightarrow A = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 = 3.14 \left(\frac{0.003\text{m}}{2} \right)^2 = 7 \times 10^{-6} \text{m}^2$$

$$\delta = \frac{F}{A} = \frac{100\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2}{7 \times 10^{-6} \text{m}^2} = \frac{981\text{N}}{7 \times 10^{-6} \text{m}^2} \approx 1.4 \times 10^8 \text{pa}$$

اگر جسم تحت کشش باشد، محصله قوه‌های وارده بر جسم صفر است، ولی جسم تغییر شکل پیدا می‌کند، استریس کششی (نسبت قوه بر مساحت سطح مقطع) یک استرین کششی ϵ مانند نگاره 15.3 تشکیل می‌دهد، استرین کششی همیشه از نسبت افزایش طول ΔL و طول اولیه L_0 به دست می‌آید.

$$\text{Strain} = \frac{\text{change in length}}{\text{original length}} \Rightarrow \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

حاصل تقسیم استریس کششی و استرین کششی **مدول یانگ** نامیده می‌شود، که طول ذیل تعریف می‌گردد.

$$\text{Young's modulus} = \frac{\text{tensile stress}}{\text{tensile strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} \quad \vee \quad \delta = Y \cdot \frac{\Delta L}{L_0}$$

اگر به انتهای یک نل ارتجاعیت دارای قطر d_1 و طول L_1 ، جسم را به وزن W آویزان کنیم، و این نل را به قطر d_2 و طول L_2 برساند، پس شکل معادله ذیل به دست می‌آید.

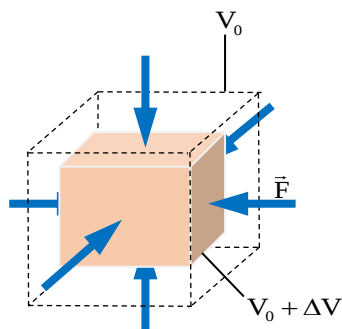
$$\frac{\Delta d}{d_1} \approx \frac{\Delta L}{L_1} \Rightarrow \frac{\Delta d}{d_1} = \mu \frac{\Delta L}{L_1}, \quad \Delta d = d_2 - d_1, \quad \Delta L = L_2 - L_1$$

در رابطه فوقانی μ برای اندازه‌گیری ابعاد نل که به نام ضریب پادسون یاد می‌شود، این ضریب دارای واحد نیست، و تنها ارزش عددی دارد و قیمت آن از 0.01 تا 0.3 تغییر می‌یابد. و باید گفت که با کشش وزن، ابعاد نل به دو استقامت (طول زیاد می‌گردد و قطر کم می‌گردد) تغییر می‌کند، و $\Delta L > 0$ و $\Delta d < 0$ می‌باشند.

مثال 2. میله فولادی به طول 2m دارای سطح مقطع به مساحت 0.3cm^2 است، این میله از یک انتها به یک جثقیل آویزان شده و به انتهای دیگری آن کتله 550kg به پایین آویزان شده است، استریس، استرین و افزایش طول میله را تعیین کنید. که مدول یانگ $2 \times 10^{11} \text{pa}$ و $g = 9.8\text{m/s}^2$ باشد.

حل.

$$\delta = \frac{F}{A} = \frac{550\text{kg} \cdot 9.8\text{m/s}^2}{3 \times 10^{-5} \text{m}^2} = \frac{5390\text{N}}{3 \times 10^{-5} \text{m}^2} \approx 1.8 \times 10^8 \text{pa}$$



$$\text{stress} = P = \frac{F}{A} \quad \checkmark \quad \Delta P = P_1 - P_2 = \frac{\Delta F}{A}$$

در رابطه فوقانی تغییرات فشار به ΔP و تغییرات قوه به ΔF نشان داده شده است، فشار نقش استریس را در یک تغییر شکل حجمی ایفاء می کند، استریس حجمی عبارت از تغییر نسبی حجم مانند نگاره 15.4 یعنی نسبت تغییر حجم ΔV بر حجم اصلی V_0 .

$$\text{strain} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

افزایش فشار ΔP همان استریس حجمی است، نسبت استریس حجمی بر استریس حجمی را مدول بُلک می نامند و با B نشان داده می شود.

$$\text{Bulk Modulus} = \frac{\text{volume stress}}{\text{volume strain}} \Rightarrow B = \frac{\Delta F/A}{\Delta V/V_0} = V_0 \cdot \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

مثال 1. تغییر حجم یک مکعب مسی به ضلع 4mm را وقتی تحت فشار 20Mpa قرار گیرد، حساب کنید (مدول بُلک برای مس 125Mpa است).
حل.

$$V_0 = a^3 \Rightarrow V_0 = (4\text{mm})^3 = 64\text{mm}^3$$

$$B = \frac{V_0 \cdot \Delta P}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{(64\text{mm}^3)(20 \times 10^6 \text{pa})}{125 \times 10^6 \text{pa}} = 10.24\text{mm}^3$$

مثال 2. مدول بُلک برای آب 2.1Gpa است، حجم تراکم 100ml آب را وقتی تحت فشار 1.2Mpa قرار گیرد چه قدر است؟
حل.

$$B = \frac{V_0 \cdot \Delta P}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{100\text{ml} \times 1.5 \times 10^6 \text{pa}}{2.1 \times 10^9 \text{pa}}$$

$$\Delta V = \frac{0.15 \times 10^9 \text{ml}}{2.1 \times 10^9 \text{pa}} = 0.071\text{ml} \quad , \quad \Delta V = -0.071\text{ml}$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{Y} \Rightarrow \varepsilon = \frac{1.8 \times 10^8 \text{pa}}{2 \times 10^{11} \text{pa}} = 9 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \Rightarrow \Delta L = (9 \times 10^{-4}) \cdot 2\text{m} = 0.0018\text{m} = 1.8\text{mm}$$

مثال 3. طول یک سیم فولادی استوانه‌ای برابر 4m و قطر آن 9cm است، وقتی یک وزنه 80000kg روی آن گذاشته شود، کاهش طول آن چه قدر خواهد بود: ($Y = 1.9 \times 10^{11} \text{pa}$)
حل.

$$A = \pi r^2 \Rightarrow A = \pi \left(\frac{9}{2} \text{cm} \right)^2 = 63.61\text{cm}^2$$

$$Y = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{(80000\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2)(4\text{m})}{(1.9 \times 10^{11} \text{pa})(63.61 \times 10^{-4} \text{m}^2)}$$

$$\Delta L = \frac{3.136 \times 10^6 \text{m}}{1208.59 \times 10^6} \approx 0.0026\text{m} = 2.6\text{mm}$$

مثال 4. اگر وزنه‌ای به کتله 225kg را به انتهای یک سیم آهنی به طول 4m و سطح مقطع 0.5cm² بیاویزیم، طول آن 1mm افزایش می یابد، مدول یانگ این سیم چند گیگا پاسکال است؟
حل.

$$Y = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta L} = \frac{(225\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2)(4\text{m})}{(0.5 \times 10^{-4} \text{m}^2)(1 \times 10^{-3} \text{m})} = 176.40 \times 10^9 \text{pa}$$

$$Y = 176.40\text{Gpa}$$

استریس (Stress) و استریس حجمی (Strain)

هنگامی که یک غواص در عمق اقیانوس در حرکت است، آب فشاری تقریباً یک نواخت بر همه جای سطح بدن او وارد می کند و با فشردن او حجمش را به مقدار جزئی کاهش می دهد، این وضعیت با استریس ها و استریس های کششی و تراکمی که برهمه‌ی وجوه وارد می شود و تغییر شکل ناشی از آن یک تغییر حجم است و ازده های استریس حجمی و استریس حجمی را برای توصیف این کمیت ها به کار می بریم. اگر جسمی در سیال (مایع و گاز) غوطه‌ور شود سیال بر هر بخش از سطح قوه‌ی وارد می کند، این قوه عمود بر سطح است.

(اگر تلاش کنیم سیال قوه‌ی موازی با سطح جسم وارد کند سیال برای مقابله با این قوه یک طرف می لغزد) قوه‌ی F به طور عمود بر واحد سطح که سیال بر سطح جسم خوطه‌ور وارد می کند فشار داخل سیال به P تعریف می گردد.

مثال 2. دو قوه موازی با جهت مخالف، هرکدام به اندازه 400N به طول مماسی بر سطوح بالا و پایین یک مکعب فلزی به ضلع 25cm وارد می شود، تغییر مکان سطح بالایی را نسبت به سطح پایینی چقدر است؟ (مدول برشی برای این فلز 80GPa است)

حل.

$$A = a^2 \Rightarrow A = (25\text{cm})^2 = 625 \times 10^{-4} \text{m}^2, \quad h = 25 \times 10^{-2} \text{m}$$

$$S = \frac{F \cdot h}{A \cdot \Delta x} \Rightarrow \Delta x = \frac{(400\text{N})(25 \times 10^{-2} \text{m})}{(625 \times 10^{-4} \text{m}^2)(80 \times 10^9 \text{Pa})}$$

$$\Delta x = \frac{100\text{m}}{5 \times 10^4 \times 10^5} = 0.2 \times 10^{-7} \text{m} = 2 \times 10^{-8} \text{m} = 20\text{nm}$$

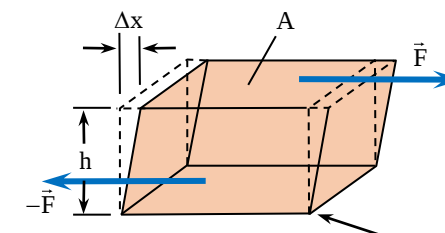
استریس (Stress) و استرین (Strain) برشی

وضعیت استریس و استرین نوع سوم را برشی می نامند، نگاره زیر جسمی را نشان می دهد که تحت استریس برشی تغییر شکل یافته است، در این حالت قوه های با اندازه یک سان ولی درجهت های مقابل (مخالف) مماس بر سطح بر دو انتهای مخالف جسم وارد می شوند استریس برشی را به صورت قوه $\vec{F}$ که مماس بر سطح بر آن وارد می شود تقسیم بر مساحت A ، سطحی که قوه بر آن وارد می شود تعریف می کنیم.

$$\text{shear stress} = \delta_s = \frac{\vec{F}}{A}$$

شکل نشان می دهد که یک وجه جسمی که تحت استریس برشی است به اندازه فاصله Δx نسبت به وجه مخالف جابه جا شده است. استرین برشی به صورت نسبت تغییر مکان Δx به بعد عرضی h تعریف می شود.

$$\text{shear strain} = \epsilon_s = \frac{\Delta x}{h}$$



و از نسبت استریس و استرین برشی (شیر) مدول شیر به دست می آید.

$$\text{Shear Modulus} = \frac{\text{shear stress}}{\text{shear strain}} \Rightarrow S = \frac{\delta_s}{\epsilon_s} = \frac{F/A}{\Delta x/h} = \frac{F \cdot h}{A \cdot \Delta x}$$

مثال 1. مساحت سطح بالای جسمی خشت مانند برابر 15cm^2 و ارتفاع آن 3cm است، هنگامی که قوهی برشی 0.5N بر سطح بالای آن وارد شود، این سطح 4mm نسبت به سطح پایینی جابه جا می شود، استرین، استریس برشی و مدول برشی این قطعه چه قدر است؟

حل.

$$\delta_s = \frac{F}{A} \Rightarrow \delta_s = \frac{0.5\text{N}}{15 \times 10^{-4} \text{m}^2} = 0.33\text{kPa}$$

$$\epsilon_s = \frac{\Delta x}{h} \Rightarrow \epsilon_s = \frac{0.4\text{cm}}{3\text{cm}} = 0.133$$

$$S = \frac{\delta_s}{\epsilon_s} = \frac{0.33\text{kPa}}{0.133} = 2.5\text{kPa}$$