

مختصری از تئوری آزمایش:

در این آزمایش می خواهیم کشش سطحی چند مایع مختلف را بدست بیاوریم ، که از موارد زیر کمک می گیریم.
قانون Tate: وزن قطره مایع که از انتهای قطره چکان می افتد با کشش سطحی مایع و شعاع منفذ قطره چکان متناسب است که توسط رابطه زیر بیان می شود:

$$mg = \pi r T$$

که در آن m جرم قطره ، g شتاب جاذبه زمین ، r شعاع داخلی دهانه قطره چکان و T کشش سطحی مایع است. یکی از انواع قطره چکانها ، قطره چکان Hellige است. این قطره چکان از یک مخزن تشکیل شده و دهانه فروبی آن کاملاً صاف و صیقلی است تا قطره به هنگام فروج تغییر شکل ندهد. می توان ثابت نمود که نسبت کشش سطحی دو مایع با تعداد قطرات آنها که از یک قطره چکان فرو می ریزد نسبت معکوس و با وزن مخصوص آنها نسبت مستقیم دارد. یعنی:

$$\frac{T'}{T} = \frac{N}{N'} \times \frac{D'}{D}$$

در این رابطه T, T' کشش سطحی مایع و D, D' وزن مخصوص آنها و N, N' تعداد قطرات دو مایع در حجم مساوی از قطره چکان است. بنابر این با اندازه گیری N, N' و تعیین D, D' توسط ترازوی Mohr و معلوم بودن کشش سطحی یکی از دو مایع می توان کشش سطحی مایعات را بدست آورد.

ترازوی Mohr: این ترازو از پایه A که ارتفاع آن بوسیله پیچ K قابل تنظیم است، تشکیل شده است که شاهین B بر روی آن سوار می شود به طوری که تیغه شاهین در شیار مخصوص روی پایه A جای می گیرد . در روی شیار دهم زایده سوار می شود و میله شیشه ای S که به وسیله سیم گرم نیکل بسته شده است توسط قلاب متصل به انتهای سیم به این زایده آویزان می شود. در روی شیارهای ۱ تا ۹ می توان چهار نوع وزنه را جابجا نمود. اگر این وزنه ها را به ترتیب با H, G, F, E نمایش دهیم داریم:

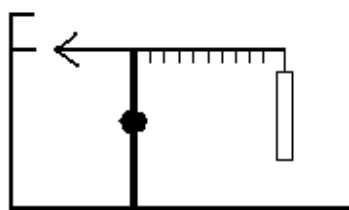
$$E = 5grf, F = 0.5grf, G = 0.05grf, H = 0.005grf$$

اگر وزنه E معرف واحد، وزنه های H, G, F به ترتیب اعشار آن است. توسط این وزنه ها می توان چکالی مایعات را تا چهار رقم اعشار اندازه گیری نمود.

مختصری از شرح آزمایش:

استفاده از ترازو برای پیدا کردن چگالی مایع مورد نظر:

ابتدا ارتفاع پایه را به وسیله پیچ K به اندازه مورد نیاز تنظیم می کنیم سپس ترازو را در مکان مسطحی قرار می دهیم و به وسیله پیچهای پایه آن را تراز می نماییم . حال شاهین ترازو را روی پایه قرار می دهیم و آنگاه میله شیشه ای را توسط قلاب متصل به آن به زائده L که روی شاهین سوار شده است آویزان می کنیم. پیچهای m, m' را آنقدر می چرخانیم تا نوک n از شاهین روبروی نوک n' از پایه قرار گیرد. به این ترتیب ترازو به حالت تعادل در می آید.



استوانه کوچکی را از مایع مورد نظر پر می کنیم و استوانه را زیر میله شیشه ای طوری قرار می دهیم که میله شیشه ای کاملاً درون مایع فرو رود. در این وضعیت به علت وارد شدن نیروی ارشمیدس به میله شیشه ای این میله به طرف بالا می رود. در این صورت باید آنقدر از وزنه های موجود در شیارهای شاهین قرار داد تا ترازو دوباره به حالت تعادل بر گردد. به عنوان مثال اگر وزنه های H,G,F,E به ترتیب روی شیارهای 3,6,8,5 قرار گرفته باشند، چگالی مایع برابر است با : 0.5863 در اینجا با آزمایش بر روی آب و سه مایع مختلف داده های زیر بدست آمده است:

$$\rho_{\text{water}} = 0.999 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$$

$$\rho_1 = 0.852 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$$

$$\rho_2 = 0.829 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$$

$$\rho_3 = 0.824 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$$

استفاده از قطره چکان برای پیدا کردن تعداد قطرات:

قطره چکان را در مایع فرو می بریم تا از آن پر شود. سپس در حالی که دهانه بالا را با انگشت نگه داشته ایم آنرا تا فط نشانه اول خالی می کنیم . حال قطره چکان را به یک گیره وصل می کنیم و شروع به خالی کردن آن می کنیم به طوری که به صورت قطره قطره خالی شود. تعداد قطرات را تا فط نشانه دوم می شماریم. در اینجا با آزمایش بر روی آب و سه مایع مختلف داده های زیر بدست آمده است:

$$N_{\text{water}} = 58$$

$$N_1 = 127$$

$$N_2 = 130$$

$$N_3 = 133$$

توجه می کنیم که در طول آزمایش دما برای مایعات مساوی باشد.

بدست آوردن کشش سطحی مایعات:

با توجه به رابطه بالا و داشتن کشش سطحی آب در دمای محیط آزمایش (در اینجا $25^{\circ}C$) کشش سطحی سایر

مایعات را بدست می آوریم:

کشش سطحی آب در این دما $72 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$ می باشد:

$$\frac{T_1}{T_{\text{water}}} = \frac{N_{\text{water}}}{N_1} \times \frac{D_1}{D_{\text{water}}} = \frac{N_{\text{water}}}{N_1} \times \frac{\rho_1}{\rho_{\text{water}}} \Rightarrow \frac{T_1}{72} = \frac{58}{127} \times \frac{0.852}{0.999} \Rightarrow T_1 = 28.04 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

$$\frac{T_2}{T_{\text{water}}} = \frac{N_{\text{water}}}{N_2} \times \frac{D_2}{D_{\text{water}}} = \frac{N_{\text{water}}}{N_2} \times \frac{\rho_2}{\rho_{\text{water}}} \Rightarrow \frac{T_2}{72} = \frac{58}{130} \times \frac{0.829}{0.999} \Rightarrow T_2 = 26.65 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

$$\frac{T_3}{T_{\text{water}}} = \frac{N_{\text{water}}}{N_3} \times \frac{D_3}{D_{\text{water}}} = \frac{N_{\text{water}}}{N_3} \times \frac{\rho_3}{\rho_{\text{water}}} \Rightarrow \frac{T_3}{72} = \frac{58}{133} \times \frac{0.824}{0.999} \Rightarrow T_3 = 25.89 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

مماسبه خطا:

در اینجا کشش سطحی را تابعی از وزن مخصوص (یا چگالی) و تعداد قطرات در نظر میگیریم. یعنی:

$$T_n = \frac{\rho_n}{N_n} \times \frac{N_{\text{water}} \times T_{\text{water}}}{\rho_{\text{water}}}$$

که در آن عبارت $\frac{N_{\text{water}} \times T_{\text{water}}}{\rho_{\text{water}}}$ عدد ثابتی است، که در اینجا برابر است با: 4180.18

یعنی:

$$T_n = 4180.18 \frac{\rho_n}{N_n}$$

حال با استفاده از روش مشتقات جزئی فضای مماسبات را اندازه گیری می کنیم (برای سادگی T_n را z ، ρ_n را x و N_n را y فرض می کنیم):

$$dz = \frac{\partial z}{\partial x} dx + \frac{\partial z}{\partial y} dy$$

$$\Rightarrow dz = f'_x(x, y) dx + f'_y(x, y) dy$$

$$\Rightarrow \Delta z = f'_x \Delta x + f'_y \Delta y$$

$$\Rightarrow \Delta z = \frac{4180.18}{y} \Delta x - \frac{4180.18x}{y^2} \Delta y$$

که Δx برابر است با: 5×10^{-4} و Δy برابر ۱ است. بنابر این:

$$\Delta z_1 = \frac{4180.18}{y_1} \times 5 \times 10^{-4} - \frac{4180.18x_1}{y_1^2} \times 1 = \frac{4180.18}{127} \times 5 \times 10^{-4} - \frac{4180.18 \times 0.852}{127^2} \times 1 = -0.204357 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

$$\Delta z_2 = \frac{4180.18}{y_2} \times 5 \times 10^{-4} - \frac{4180.18x_2}{y_2^2} \times 1 = \frac{4180.18}{130} \times 5 \times 10^{-4} - \frac{4180.18 \times 0.829}{130^2} \times 1 = -0.188974 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

$$\Delta z_3 = \frac{4180.18}{y_3} \times 5 \times 10^{-4} - \frac{4180.18x_1}{y_3^2} \times 1 = \frac{4180.18}{133} \times 5 \times 10^{-4} - \frac{4180.18 \times 0.824}{133^2} \times 1 = -0.179009 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

بنابر این داریم:

$$27.83 < T_1 < 28.24$$

$$26.46 < T_2 < 26.84$$

$$25.71 < T_3 < 26.07$$

بدست آوردن رابطه ۲ از ۱:

رابطه ۱:

$$mg = \pi r T$$

که داریم:

$$mg = V_n \times \rho_n \times g = \frac{V_0}{N_n} \times \rho_n \times g = \frac{V_0}{N_n} \times D_n = \pi r T_n$$

$$\Rightarrow T_n = \frac{V_0 D_n}{\pi N_n}$$

$$\Rightarrow \frac{T_n}{T_n'} = \frac{\frac{V_0 D_n}{\pi N_n}}{\frac{V_0 D_n'}{\pi N_n'}} = \frac{N_n'}{N_n} \times \frac{D_n}{D_n'}$$

که در این محاسبات V_n حجم قطره چکیده شده از مایع h ، ρ_n چگالی مایع h ، V_0 حجم مخزن قطره چکان ، N_n تعداد قطرات چکیده شده مایع h و D_n وزن مخصوص مایع h می باشند.

دلیل قرار دادن چگالی مایعات به جای وزن مخصوص در فرمول فوق:

با توجه به محاسبات زیر این نسبت برابر است:

$$D = \rho g$$

$$\Rightarrow \frac{D_1}{D_2} = \frac{\rho_1 g}{\rho_2 g} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

دلیل محاسبه مستقیم چگالی از طریق ترازو:

در این ترازو حجم شیشه طوری انتخاب شده است که اگر در آب مقطر قرار گیرد 5gr آب را جا بجا می کند. پس اگر وزنه E در این حالت به زائده L متصل شود، دقیقاً به حالت تعادل در می آید. پس وزنه E در جایگاه ۱۰ با $\rho = 1$ متناسب است. حال اگر وزنه E به شیارهای دیگری وصل باشد گشتاور وارد شده با توجه به رابطه $F = mgr$ ، که r فاصله وزنه از مرکز گشتاور می باشد، به دست می آید. نیرویی که کل وزنه ها وارد می کنند باید نیروی ارشمیدسی را فکشی کند و چون نیروی ارشمیدسی برابر است با: $F = V\rho g$ بنابر این این نیرو با چگالی متناسب است. و چون مجموع گشتاورهای وزنه ها با گشتاور ایجاد شده توسط نیروی ارشمیدسی برابر است ، بنابراین نیروی وزنه ها هم متناسب با چگالی است.

مال اگر فرض کنیم که وزنه E در شیر ۵ قرار گرفته باشد، در این حالت نیروی گشتاور نصف حالتی که به شیر دهم وصل باشد.

چون E در شیر دهم متناسب با $\rho = 1$ است پس در این حالت (که وزنه در شیر ۵ قرار دارد) E متناسب با $\rho = 0.5$ است. و همچنین وزنه F یک دهم وزنه E است و نیروی معادل یک دهم وارد می کند پس اگر به طور مثال وزنه F روی شیر ۸ باشد داریم: $\rho = 0.1 \times 8 = 0.8$ و به همین ترتیب برای وزنه های دیگر چنین رابطه ای قابل بیان است.

پس به این طریق به طور مستقیم می توان چگالی مایع را محاسبه کرد.

دلیل ثابت بودن دما در طول آزمایش:

اگر دما تغییر کند به علت تغییر چگالی ها تمام محاسبات به هم می خورد.