مجموعه گزارش کار در آزمایشگاه فیزیک ۱

Shimiomd.blog.ir

آزمایش مدرج کردن دماسنج گازی

مختصری از تئوری آزمایش: در این آزمایش قصد داریم با ثابت نگاه داشتن حجم (V) رابطه میان فشار (P) و دما (T) را بیابیم ؛ همانطور که میدانیم :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T, V = cte, P = \frac{n \cdot R}{V} \cdot T, T = 273 + t \Rightarrow P = a \cdot t + b$$

a و b ضرایب مجهول اند. که در مراحل بعدی آنها را بدست می‌آوریم. در اینجا فهمیدیم که بین Tو P (درصورت ثابت بودن حجم) رابطه‌ای خطی وجود دارد. که با بدست آوردن این رابطه ، اگر فشار گاز را داشته‌باشیم می‌توانیم دمای گاز درون محفظه B را محاسبه کنیم. به‌این ترتیب، یک دماسنج گازی ساخته‌ایم.

شرح آزمایش: همانطور که در دستور کار شرح داده شده‌است، آب را در ظرف C که بالن B در آن قرار دارد میریزیم و شیر A بسته است (ارتباط بالن B با هوای محیط قطع است). با تغییر دمای آب ارتفاع ستون جیوه در نقاط M و N تغییر می‌کند. با تغییر ارتفاع N حجم گاز نیز تغییر می‌کند. در حالی‌که می‌خواهیم حجم ثابت بماند. پس با در نظر گرفتن نقطه‌ای ثابت روی شاخه N حجم را ثابت نگه می‌داریم. (در آزمایش ما نقطه ثابت در لوله N، $140mm$ بود)

با ثابت نگه داشتن حجم ارتفاع ستون جیوه در شاخه M تغییر می‌کند، که اختلاف ارتفاع آن با شاخه N اختلاف فشار را بر حسب $mmHg$ میدهد.

چون شاخه M باز است، پس داریم : $P_0 = 659.75mmHg; P_M = P_0$ و فشار در نقطه N نیز برابر است با $P_N = P_0 + \Delta h$

در دمای محیط داریم $T=26°C$ و $\Delta h=0mm$. حال مقداری آب گرم در ظرف C ریخته، t_1 و Δh_1 را بدست می‌آوریم. سپس با انداختن تکه‌های یخ در آب گرم، دمای آب را حدوداً ٥ درجه– ٥ درجه پایین می‌آوریم و تعدادی t و Δh بدست می‌آوریم: (در اینجا برای سادگی محاسبات فشار محیط را برابر ٦٦٠ میلیمتر جیوه در نظر گرفتیم)

T(°C)	Δh(mm)	P(mmHg)
23	-5	655
26	0	660
30	10	670
36	22	682
40	30	690
45	38	698
50	49	709
55	62	722
60	70	730
64	77	737
68	90	750

محاسبات: دیدیم که رابطه بین P و T را میتوان به‌این شکل نوشت : $P = a \cdot T + b$

با استفاده از روش « رسم بهترین خط بوسیله حداقل مربعات مانده‌ها » خواهیم داشت:

T	P	T.P	T.T	
23	655	15,065	529	
26	660	17,160	676	
30	670	20,100	900	
36	682	24,552	1,296	
40	690	27,600	1,600	
45	698	31,410	2,025	
50	709	35,450	2,500	
55	722	39,710	3,025	
60	730	43,800	3,600	
64	737	47,168	4,096	
68	750	51,000	4,624	
497	7,703	353,015	24,871	مجموع

$$a=\frac{N\cdot[T\cdot P]-[T]\cdot[P]}{N\cdot[T\cdot T]-[T]\cdot[T]}, b=\frac{[P]-a\cdot[T]}{N}$$
$$[T]=497,[P]=7703,[T\cdot P]=353015,[T\cdot T]=24871$$
$$\Rightarrow a=\frac{11\times 353015-497\times 7703}{11\times 24871-467\times 497}\cong 2.06, b=\frac{7703-2.06\times 497}{11}\cong 607.2$$
$$\Rightarrow P=2.06T+607.2$$

نمودار این معادله در برگه ضمیمه موجود است.

پاسخ به پرسش‌ها:

با توجه به نمودار صفر مطلق را اندازه گیری کنید؟ میدانیم در صفر مطلق، فشار صفر است پس داریم :

$$P=0, P=2.06T+607.2\Rightarrow T=-294°C$$

البته میدانیم صفر مطلق **۲۷۳-** درجه سانتیگراد است و این‌مقدار اختلاف، بدلیل خطای آزمایش، یا دقیق نبودن وسایل اندازه گیری است.

آزمایش دوم:

در آزمایش دوم داریم:

$$T'=42°C, \Delta h'=34mm\Rightarrow P'=694mmHg$$

حال P' را در معادله می‌گذاریم تا T'' بدست‌آید:

$$694=2.06T''+607.2\Rightarrow T''\cong 42.14$$

و مشاهده می‌شود که $|T''-T'|=0.14$ است یعنی عددی که از راه تئوری بدست آمد با عدد بدست آمده از روش عملی همخوانی دارد.

اندازه گیری شتاب جاذبه زمین به روش آونگ کاتر

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: در این آزمایش قصد داریم با استفاده از فرمول زیر g (شتاب جاذبه را بدست آوریم)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k^2 + L^2}{g \cdot L}}$$

در این رابطه، L فاصله مرکز جرم تا نقطه آویز و k شعاع چرخش است. بنابر این در این آزمایش داریم:

$$T_a = 2\pi\sqrt{\frac{k^2 + L_a^{\,2}}{g \cdot L_a}} \quad \text{و} \quad T_b = 2\pi\sqrt{\frac{k^2 + L_b^{\,2}}{g \cdot L_b}}$$

و چون $k^2=L_a.L_b$ پس داریم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L_a + L_b}{g}} \Rightarrow g = 4\pi^2\left(\frac{L_a + L_b}{T^2}\right)$$

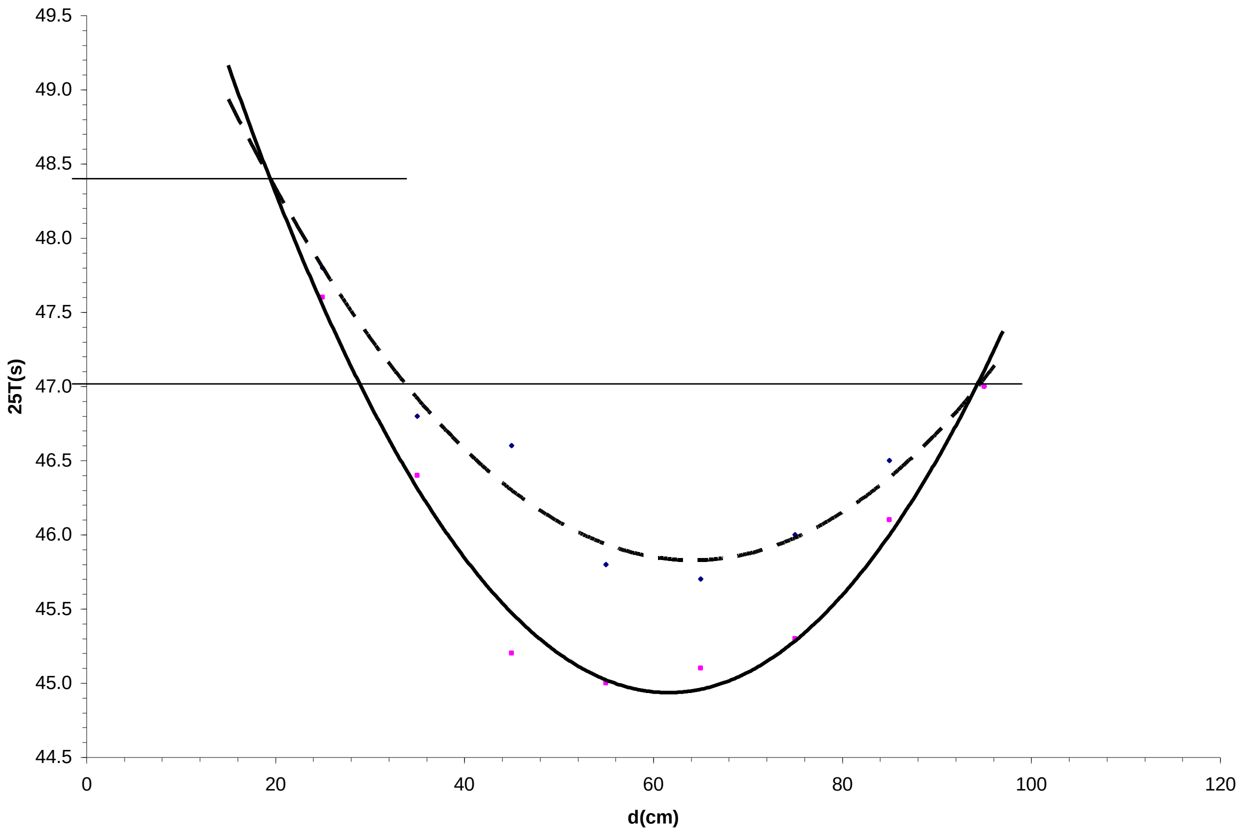
و مشاهده می‌شود که برای محاسبه g بوسیله آونگ کاتر صرفاً دانستن مجموع L_a و L_b (یا به‌عبارت دیگر $L=L_a+L_b$) که فاصله بین دو تیغه می‌باشد کفایت می کند و دیگر نیازی به داشتن شعاع چرخش و محل مرکز جرم نیست. و فرمول نهایی ما به اینصورت در می‌آید:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

شرح آزمایش: ابتدا فاصله دو تیغه یعنی L را بدست می‌آوریم سپس فاصله وزنه‌ی A تا وزنه B را (که با d نمایش می‌دهیم) ۱۰ سانتی‌متر – ۱۰ سانتی‌متر تغییر می‌دهیم و هر بار زمان نوسان حول تیغه‌های A و B را اندازه می گیریم. البته چون اندازه گرفتن زمان یک نوسان (بدلیل کوتاه بودن زمان) دارای خطای زیادی است، هربار زمان ۲۵ نوسان را بدست می آوریم. این اعداد مطابق جدول زیر می‌باشند :

d (cm)	25	35	45	55	65	75	85	95
$25T_a(s)$	47.8	46.8	46.6	45.8	45.7	46.0	46.5	47.0
$25T_b(s)$	47.6	46.4	45.2	45.0	45.1	45.3	46.1	47.0

حال نمودار تغییرات $25T_a$ و $25T_b$ را بر حسب d رسم می‌کنیم:



در این نمودار سهمی خط‌چین نمودار $25T_a$ و سهمی توپر $25T_b$ را نمایش می‌دهند.

محاسبات: مختصات محل تلاقی دو نمودار دو نقطه T_1 و T_2 را به‌ما می‌دهد. که بر اساس معادلات زیر ابتدا مقدار T را محاسبه می‌کنیم سپس با استفاده از این مقدار و مقدار L که قبلاً اندازه‌گیری کرده‌بودیم مقدار g را بدست می‌آوریم:

$$T_1 \cong 48.4, T_2 \cong 47$$

$$25 \cdot \overline{T} = \left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right) \Rightarrow \overline{T} \cong 1.908, L = 88.5cm = 0.885m, g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \Rightarrow g \cong 9.6 \, m/s^2$$

پاسخ به پرسش‌ها:

خطای g را با استفاده از روش دیفرانسیل لگاریتمی بدست آورید؟

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \Rightarrow \log(g) = \log(4\pi^2) + \log(L) - \log(T^2)$$

$$\frac{dg}{g} = \frac{dL}{L} - \frac{2T \cdot dT}{T^2} \Rightarrow \frac{\Delta g}{g} = \frac{1}{L}\Delta L + \frac{2}{T}\Delta T, \Delta L = 0.001, \Delta T = 0.1, L = 0.885, T = 1.908 \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0.105 \Rightarrow \Delta g = 1.007$$

اندازه گیری کشش سطحی مایعات به روش قطره چکان

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: هدف از این آزمایش تعیین کشش سطحی مایعات مختلف با داشتن کشش سطحی یک مایع معلوم است؛ بر اساس قانون Tate در مورد کشش سطحی مایعات داریم : $mg=\pi rT$ که در اینجا mg وزن یک قطره از مایع است که از قطره‌چکان می‌افتد و r شعاع منفذ قطره‌چکان.

بر اساس این رابطه میتوان در مورد کشش سطحی دو مایع رابطه زیر را اثبات کرد:

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

که در رابطه بالا T بمعنی کشش سطحی، D وزن مخصوص و N تعداد قطرات دو مایع در حجم مساوی است که از قطره‌چکان می‌چکد. برای اندازه‌گیری N و N' از قطره‌چکان هلیگه و برای اندازه‌گیری D و D' از ترازوی Mohr استفاده می‌کنیم. سپس با داشتن کشش سطحی یکی از دو مایع کشش سطحی دیگری را حساب می‌کنیم.

شرح آزمایش: همانطور که در بالا شرح دادیم، برای محاسبه کشش سطحی، نیاز به دانستن چگالی (یا وزن مخصوص) مایع داریم. و برا ی این کار از ترازوی مُهر استفاده می‌کنیم.

روش کار با این ترازو بدین صورت است که ابتدا با استفاده از پیچ‌های تعبیه‌شده بر روی دستگاه نوک شاهین را با تیغه مربوطه بر روی پایه تراز می‌کنیم. اکنون مایعی که میخواهیم چگالی‌اش را اندازه گیری کنیم در استوانه مدرج ریخته، استوانه را زیر میله شیشه‌ای ترازو قرار میدهیم بطوری که میله شیشه‌ای کاملاً داخل مایع باشد ولی سیم خارج مایع قرار گیرد. در این حالت بعلت نیروی ارشمیدسی که از طرف مایع به میله شیشه‌ای وارد

می‌شود، میله بالا می‌رود و ترازو از حال تعادل خارج می‌شود. اکنون اگر با جابجا کردن وزنه‌های E تا G در شیارهای موجود بر روی شاهین (که از ۱ تا ۹ شماره‌گذاری می‌شوند)، ترازو را بحال تعادل بازگردانیم چگالی مایع را بدست می‌آوریم. در مورد وزنه‌ها داریم:

$$E = 5\ grf \quad F = 0.5\ grf \quad G = 0.05\ grf$$

شماره شیاری که وزنه E در آن قرار می‌گیرد، اولین رقم بعد از ممیز است و به طور مشابه شماره شیار وزنه F دومین و شماره شیار وزنه G سومین رقم بعد از ممیز را به‌ما می‌دهد.

پس از بدست آوردن چگالی مایع مورد نظر، نوبت به شمردن تعداد قطرات مایع می‌رسد. قطره‌چکان را درون مایع فرو می‌بریم و وقتی پر شد دهانه بالایی آنرا با انگشت بسته، آنرا بیرون می‌آوریم و به یک گیره، می‌بندیم. قطره‌چکان هلیگه دارای دو نشانه در بالا و پایین مخزن است. که فاصله میان این دو نشانه را بعنوان حجم ثابت در نظر می گیریم. یعنی انگشت خود را کمی آزاد کرده، تا مایع قطره – قطره بیرون بریزد. زمانی که سطح مایع به نشانه بالای مخزن رسید شمارش را شروع کرده و تا موقعی که مایع به نشانه پایین برسد، ادامه میدهیم.

محاسبات: درجه حرارت محیط برابر $27°C$ بود بنابراین اطلاعات اولیه بصورت زیر استخراج می‌شود:

نوع مایع	N	D (g/cm3)	T(dyne/cm)
آب	57	0.998	71.7
مایع ۱	138	0.813	
مایع ۲	142	0.824	
مایع ۳	140	0.845	

حال به محاسبه کشش سطحی هر مایع بر اساس فرمول $\frac{T'}{T} = \frac{N}{N'} \times \frac{D'}{D}$ میپردازیم و جدول بصورت زیر تکمیل می‌شود:

نوع مایع	N	D (g/cm3)	T(dyne/cm)
آب	57	0.998	71.7
مایع ۱	138	0.813	*24.125*
مایع ۲	142	0.824	*23.763*
مایع ۳	140	0.845	*24.717*

در این محاسبات، آب بعنوان مایع معلوم در نظر گرفته شده و کشش سطحی دیگر مایعات بر اساس کشش سطحی آن محاسبه شده است.

حال برای محاسبه خطا از روش دیفرانسیل لگاریتمی کمک می‌گیریم. یعنی T' را بصورت تابعی از N، N'، D، D' و T در نظر می‌گیریم. منتها خطای شمارش تعداد قطرات صفر است. و همچنین خطای T. پس داریم:

$$T' = T \times \frac{N}{N'} \times \frac{D'}{D} \Rightarrow \log(T') = \log(T) + \log(N) + \log(D') - \log(N') - \log(D) \Rightarrow$$

$$\frac{dT'}{T'} = \frac{dT}{T} + \frac{dN}{N} + \frac{dD'}{D'} - \frac{dN'}{N'} - \frac{dD}{D}, dN = dN' = dT = 0 \Rightarrow \frac{dT'}{T'} = \frac{dD'}{D'} - \frac{dD}{D} \Rightarrow \frac{\Delta T'}{T'} = \frac{\Delta D'}{D'} + \frac{\Delta D}{D}$$

$$\Delta D = \Lambda D' = 0.001, D = 0.998 \Rightarrow \frac{\Delta T'}{T'} \cong \frac{\Delta D'}{D'} + 0.001$$

نوع مایع	N	D (g/cm3)	T(dyne/cm)	ΔT
آب	57	0.998	71.7	
مایع ۱	138	0.813	24.125	*0.054*
مایع ۲	142	0.824	23.763	*0.053*
مایع ۳	140	0.845	24.717	*0.054*

و پس از تصحیح ارقام، اعداد نهایی به این صورت در می‌آیند:

نوع مایع	N	D (g/cm3)	T(dyne/cm)
مایع ۱	138	0.813	*24.084±0.054*
مایع ۲	142	0.824	*23.744±0.053*
مایع ۳	140	0.845	*24.678±0.054*

پاسخ به پرسش‌ها:

با استفاده از رابطه ۱ رابطه ۲ را بدست آورید؟

فرض می‌کنیم جرم کل مایع M، حجم کل مایع V و جرم و حجم یک قطره به‌ترتیب m و v باشند. و این مقدار مایع به N قطره تقسیم شود. چگالی و وزن مخصوص مایع هم به‌ترتیب ρ و D باشند. آنگاه داریم:

$$m=\frac{M}{N}=\frac{\rho\cdot V}{N}\Rightarrow m\cdot g=\frac{\rho\cdot g\cdot V}{N}=\frac{D\cdot V}{N}=\pi\cdot r\cdot T\Rightarrow$$

$$\frac{T'}{T}=\frac{\frac{D'\cdot V'}{N'}}{\frac{D\cdot V}{N}},V=V'\Rightarrow\frac{T'}{T}=\frac{N}{N'}\times\frac{D'}{D}$$

چرا در رابطه ۲ بجای D و D' که وزن مخصوص دو مایع اند چگالی دو مایع را قرار می‌دهیم؟

زیرا:

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

چرا دستگاه مستقیماً چگالی مایع را تعیین می‌کند؟

میله شیشه‌ای دستگاه طوری طراحی شده‌است که میتواند ۵ گرم آب مقطر را جابجا کند پس اگر حجم میله شیشه‌ای را V_g بنامیم داریم:

$$m_w=V_g\cdot\rho_w\Rightarrow 0.005kg=V_g\times 1000\,{}^{kg}\!/_{m^3}\Rightarrow V_g=5\times10^{-6}m^3=5cm^3$$

حال وقتی میله شیشه‌ای را داخل مایعی نامعلوم قرار میدهیم علت بالا آمدن میله نیروی ارشمیدسی است. و ما با جابجا کردن وزنه‌ها روی شاهین این نیرو را خنثی می کنیم. فرض کنیم مکان وزنه‌های E تا G را به‌ترتیب با a و b و c نشان دهیم و نیرویی که در این حالت شاهین به‌طرف پایین وارد می کند را با F آنگاه داریم:

$$\left.\begin{aligned}&F=(0.5a+0.05b+0.005c)\cdot g\\&F_B=\rho\cdot g\cdot V_g\\&F=F_B\end{aligned}\right\}\Rightarrow\rho\times g\times 5cm^3=(0.5a+0.05b+0.005c)\times g\Rightarrow$$

$$\rho=0.1a+0.01b+0.001c$$

چرا باید در طول آزمایش دما ثابت باشد؟

اندازه گیری گرمای نهان تبخیر آب

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: ما در این آزمایش می‌خواهیم با توجه به روابط $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ و $Q = m \cdot L$ گرمای نهان تبخیر آب را بدست آوریم. در رابطه $Q = m \cdot L$، L گرمای نهان تبخیر است و Q مقدار گرمایی است که باید به m گرم آب در دمای جوش بدهیم تا به بخار آب (در همان دما) تبدیل شود.

حال اگر در یک مجموعه گرماسنج و میعان کننده که ارزش گرمایی (مقدار گرمایی که باید به مجموعه داده شود تا دمایش به‌اندازه واحد افزایش پیدا کند) مجموع آنها A است و حاوی M گرم آب است و دمای مجموعه برابر T_1 است، m گرم بخار آب با دمای جوش (T) وارد کنیم، این بخار آب مایع می‌شود و دمای کل مجموعه T_2 می‌شود. و معادلات زیر را می‌توان نوشت:

$$Q_1 = A \cdot (T_2 - T_1) + M \cdot C \cdot (T_2 - T_1)$$
$$Q_2 = m \cdot L + m \cdot C \cdot (T - T_2)$$

که Q_1، گرمای داده‌شده به مجموعه آب و گرماسنج، و Q_2 گرمای گرفته‌شده از بخار آب است. و چون $Q_1 = Q_2$ است، پس داریم:

$$A \cdot (T_2 - T_1) + M \cdot C \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot L + m \cdot C \cdot (T - T_2) \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه، T (دمای جوش آب) را از فرمول $P(atm) = \left(\frac{T(°C)}{100}\right)^4$ (که رابطه دوپری نام دارد) محاسبه می‌کنیم. و بدین وسیله مقدار L را بدست می‌آوریم.

ولی ما مقدار A را نداریم بنابراین با استفاده از آزمایش ۱ آنرا محاسبه می‌کنیم.

شرح آزمایش ۱: اگر در گرماسنجی به ارزش گرمایی A، M_1 گرم آب داشته‌باشیم و دمای این مجموعه T_1 باشد، و M_2 گرم آب با دمای T_2 را در گرماسنج بریزیم تا مجموعه در دمای T_{eq} به تعادل گرمایی برسد، بر اساس تعادل گرمایی داریم:

$$\left.\begin{array}{l}Q_1 = A(T_1 - T_{eq}) + M_1 C \cdot (T_1 - T_{eq}) \\ Q_2 = M_2 C \cdot (T_{eq} - T_2) \\ Q_1 = Q_2, C_{\text{آب}} = 1 \, cal/gr°C\end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$(M_1 + A) \cdot (T_1 - T_{eq}) = M_2 \cdot (T_{eq} - T_2) \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

برای این‌که جرمها را دقیق محاسبه کنیم بدین صورت عمل می‌کنیم که آب مورد نظر را درون بشر ریخته و آنرا وزن می‌کنیم (M') سپس آب را داخل گرماسنج می‌ریزیم و دوباره بشر خالی را وزن می‌کنیم (M'') بنابراین جرم مورد نظر برابر است با $M=M'-M''$. با این روش خطای آزمایش بسیار کم می‌شود.

محاسبات آزمایش ۱:

$$\left.\begin{array}{l}M_1' = 691.1gr \\ M_1'' = 259gr\end{array}\right\} \Rightarrow M_1 = 432.1gr, T_1 = 68.5°C$$

$$\left.\begin{array}{l}M_2' = 562.7gr \\ M_2'' = 269.8gr\end{array}\right\} \Rightarrow M_2 = 292.9gr, T_2 = 25.5°C$$

$$T_{eq} = 51.7°C$$

و با قرار دادن این اعداد در رابطه ۲ داریم:

$$16.8 \cdot (432.1 + A) = 26.2 \times 292.9 \Rightarrow A = 24.68 \, cal/°C$$

برای محاسبه خطای مطلق و نسبی A با توجه به‌این که دقت دماسنج‌ها (الکتریکی و جیوه‌ای) برابر ۰/۱ درجه سانتی‌گراد است داریم:

$$A = \frac{M_2(T_{eq} - T_2)}{T_1 - T_{eq}} - M_1$$

برای راحتی در محاسبات قرار می‌دهیم $t_1 = T_{eq} - T_2$ و $t_2 = T_1 - T_{eq}$ پس داریم:

$$A = \frac{M_2 \cdot t_1}{t_2} - M_1 \Rightarrow dA = \frac{(dM_2 \times t_1 + dt_1 \times M_2) \times t_2 - dt_2 \times M_2 \cdot t_1}{t_2^{\,2}} - dM_1$$

چون دقت T_{eq}، T_1 و T_2 برابر $0.1°C$ است. پس دقت t_1 و t_2 برابر $0.2°C$ می‌باشد زیرا $\Delta t_1 = \Delta T_{eq} + |-1|\Delta T_2$ پس $\Delta t_1 = 0.2°C$ و با تحلیلی مشابه $\Delta t_2 = 0.2°C$ حال داریم:

$$\Delta A = \left|\frac{t_1 \cdot t_2}{t_2^{\,2}}\right| \Delta M_2 + \left|\frac{t_2 \cdot M_2}{t_2^{\,2}}\right| \Delta t_1 + \left|\frac{-M_2 \cdot t_1}{t_2^{\,2}}\right| \Delta t_2 + |-1| \Delta M_1 \Rightarrow$$

$$\Delta A = 1.56 \times 0.1 + 17.43 \times 0.2 + 27.19 \times 0.2 + 1 \times 0.1 = 9.18$$

$$\frac{\Delta A}{A} = 0.372$$

و پس از تصحیح ارقام A داریم:

$$A = 27.54 \pm 9.18$$

شرح آزمایش۲: پس از انجام آزمایش ۱ بدون دست زدن به گرماسنج، مقداری آب را درون ارلن مایر بجوش می‌آوریم و هنگامی که بخار آب از شیلنگ متصل به‌درپوش ارلن خارج شد، دمای گرماسنج را یادداشت می‌کنیم (T_1) و شیلنگ را به انتهای قسمت مارپیچ میعان‌کننده وصل می‌کنیم. تا بخار آب بر اثر برخورد با محیط سردتر مایع شود. پس از ۳ دقیقه ورود بخار آب را قطع کرده و گرماسنج را ۲دقیقه بهم می‌زنیم تا تعادل حرارتی ایجاد شود و دمای تعادل را یادداشت می‌کنیم (T_2) حال میعان‌کننده را (که جرم آنرا در حالت خالی قبلا بدست آورده‌بودیم– m_1) بیرون می‌آوریم و وزن می‌کنیم (m_2) به‌این ترتیب جرم بخار آبی که مایع شده، $m=m_2-m_1$ بدست می‌آید.

محاسبات آزمایش ۲:

$$P = 662.05mmHg = \frac{662.05}{760}atm = 0.8711atm, P = \left(\frac{T}{100}\right)^4 \Rightarrow T \cong 96.6°C$$

$$\left.\begin{matrix} m_1 = 38.5gr \\ m_2 = 49.5gr \end{matrix}\right\} \Rightarrow m = 11gr, T_1 = 51.7°C, T_2 = 58.8°C$$

و با قرار دادن این اعداد در رابطه ۱ داریم:

$$\begin{aligned} &M = M_1 + M_2 = 725gr \\ &A \cdot (T_2 - T_1) + M \cdot C \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot L + m \cdot C \cdot (T - T_2) \Rightarrow \\ &24.68 \times 7.1 + 725 \times 7.1 = 11 \cdot L + 11 \times 37.8 \Rightarrow L = 446.08 \, {}^{cal}\!/_{gr} \end{aligned}$$

برای محاسبه خطای مطلق و نسبی L ابتدا نیاز به خطای مطلق T(دمای جوش) داریم. با توجه به اینکه دقت اندازه‌گیری فشار در فشارسنج برابر ۰/۰۵ میلی‌متر جیوه است:

$$\Delta P = \frac{0.05}{760} \cong 0.00007, P = 0.87atm$$

$$T = 100\sqrt[4]{P} \Rightarrow dT = \frac{100dP}{4\sqrt[4]{P^3}} \Rightarrow \Delta T = \frac{25\Delta P}{\sqrt[4]{P^3}} \cong 0.002$$

$$L = \frac{(M_1 + M_2 + A)(T_2 - T_1) - m(T - T_2)}{m}$$

در معادله اخیر برای راحتی محاسبات تغییر متغیرهای زیر را اعمال می‌کنیم:

$$\begin{aligned} &t_1 = T_2 - T_1 \Rightarrow \Delta t_1 = 0.2 \\ &t_2 = T - T_2 \Rightarrow \Delta t_2 = 0.102 \\ &n = M_1 + M_2 + A \Rightarrow \Delta n = \Delta M_1 + \Delta M_2 + \Delta A = 9.2 \end{aligned}$$

باتوجه به این تغییرات داریم:

$$L = \frac{n \cdot t_1 - m \cdot t_2}{m} = \frac{n \cdot t_1}{m} - t_2 \Rightarrow dL = \frac{(dn \times t_1 + dt_1 \times n)m - dm \times nt_1}{m^2} - dt_2$$

$$\Rightarrow \Delta L = \left|\frac{t_1 \times m}{m^2}\right|\Delta n + \left|\frac{n \times m}{m^2}\right|\Delta t_1 + \left|\frac{-t_1 \times n}{m^2}\right|\Delta m + |-1|\Delta t_2$$

$$\Rightarrow \Delta L = 0.64 \times 9.2 + 68 \times 0.2 + 44 \times 0.1 + 0.102 = 23.982, \frac{\Delta L}{L} \cong 0.054$$

و پس از تصحیح ارقام L داریم:

$$L = 455.658 \pm 23.982$$

اندازه گیری ضریب هدایت حرارتی مس

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: در این آزمایش ما می‌خواهیم ضریب هدایت حرارتی مس را بدست آوریم. برای این کار مقدار گرمایی که از طریق یک استوانه مسی منتقل می‌شود را از دو روش محاسبه می‌کنیم.

روش اول : این مقدار برابر است با مقدار گرمایی که در ظرف θ ثانیه، m گرم آب را از دمای T_d به T_c می‌رساند. یعنی:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (T_c - T_d)$$

روش دوم: مقدار گرمایی که از استوانه مسی با ضریب هدایت گرمایی K، طول e و سطح‌مقطع S در مدت θ ثانیه منتقل می‌شود. در صورتی که دمای منبع گرم T_a و دمای منبع سرد T_b باشد. یعنی:

$$Q_2 = \frac{S \cdot (T_a - T_b) \cdot \theta}{e} \cdot K$$

و از آنجایی که $Q_1=Q_2$ است، پس داریم :

$$m \cdot c \cdot (T_c - T_d) = \frac{S \cdot (T_a - T_b) \cdot \theta}{e} \cdot K$$

و از این رابطه مقدار K را محاسبه می‌کنیم.

شرح آزمایش: برای محاسبه K از دستگاه اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی مس استفاده می‌کنیم. این دستگاه عبارت است از یک استوانه مسی که برای جلوگیری از تبادل گرمایی آن با محیط، تماماً درون نمد پیچیده شده‌است. و در یک انتهای آن محفظه‌ای وجود دارد که بخار آب را در آن وارد می‌کنیم و در انتهای دیگر لوله باریکی دور استوانه پیچیده شده‌است که از درون این لوله آب سرد عبور می‌کند. a و b دو نقطه بفاصله e روی این استوانه‌اند و c محل خروج آب شهر پس از گرم شدن توسط گرمای انتقال یافته از طریق این لوله مسی و d محل ورود آب شهر می‌باشد.

مطابق فرمول بالا برای بدست آوردن مقدار K باید بقیه مجهولات را داشته باشیم. e و S و c داده‌شده‌اند. برای بدست آوردن مقادیر T_a، T_b، T_c و T_d مرتباً دمای نقاط a، b، c و d را یادداشت می‌کنیم تا بجایی برسیم که اختلاف دمای نقاط a و b و نقاط c و d ثابت بماند. پس از این که مقادیر T_a-T_b و T_c-T_d ثابت شد. بشری را در

زیر خروجی آب شهر قرار می‌دهیم و در یک مدت زمان مشخص θ (مثلا ۶۰ ثانیه) مقدار آب خروجی را جمع‌آوری و وزن می‌کنیم (جرم این آب همان m است).

برای افزایش دقت، این آزمایش را سه بار تکرار می‌کنیم

محاسبات:

$$c = 1 \,{}^{cal}\!/\!_{gr^\circ C}, e = 10.35cm, d = 3.8cm, S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow S \cong 11.34cm^2$$

آزمایش اول:

$$T_a - T_b = 24.4^\circ C, T_c - T_d = 11.5^\circ C, \theta = 60s, m = 135.1gr \Rightarrow K_1 = 0.968 \,{}^{cal}\!/\!_{cm \cdot {}^\circ C \cdot s}$$

آزمایش دوم:

$$T_a - T_b = 26.2^\circ C, T_c - T_d = 6.2^\circ C, \theta = 60s, m = 262.0gr \Rightarrow K_2 = 0.943 \,{}^{cal}\!/\!_{cm \cdot {}^\circ C \cdot s}$$

آزمایش سوم:

$$T_a - T_b = 27.8^\circ C, T_c - T_d = 2.4^\circ C, \theta = 30s, m = 424.6gr \Rightarrow K_3 = 1.109 \,{}^{cal}\!/\!_{cm \cdot {}^\circ C \cdot s}$$

پاسخ به پرسش‌ها:

از مقادیر بدست آمده میانگین گرفته، خطای میانگین را محاسبه کرده و کمیت‌ها را تصحیح ارقام نمایید؛

$$\overline{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} \Rightarrow \overline{K} = 1.006$$

$$\Delta\overline{K} = \frac{|K_1 - \overline{K}| + |K_2 - \overline{K}| + |K_3 - \overline{K}|}{3} \cong 0.07 \Rightarrow$$

$$K_1 = 0.97 \pm 0.07, K_2 = 0.94 \pm 0.07, K_3 = 1.11 \pm 0.07, \overline{K} = 1 \pm 0.07$$

با استفاده از روش دیفرانسیل لگاریتمی، خطای مطلق و نسبی کمیت‌های بدست آمده را محاسبه کنید؛

$$K = \frac{e \cdot m \cdot c \cdot (T_c - T_d)}{S \cdot (T_a - T_b) \cdot \theta}, \Delta T_a = \Delta T_b = \Delta T_c = \Delta T_d = 0.1^\circ C, \Delta\theta = 1s, \Delta m = 0.1gr$$

برای راحتی محاسبات قرار میدهیم $T' = T_c - T_d$ و $T'' = T_a - T_b$ پس داریم:

$$\Delta T' = \Delta T_c + |-1|\Delta T_d = 0.2^\circ C$$

و با تحلیلی مشابه : $\Delta T'' = 0.2^\circ C$

چون اعداد e و c و S ثابت اند، داریم $\frac{e \cdot c}{S} = 0.913$. پس:

$$K = 0.913 \frac{m \cdot T'}{\theta \cdot T''} \Rightarrow \log K = \log 0.913 + \log m + \log T' - \log\theta - \log T'' \Rightarrow$$

$$\frac{dK}{K} = \frac{dm}{m} + \frac{dT'}{T'} - \frac{d\theta}{\theta} - \frac{dT''}{T''} \Rightarrow \frac{\Delta K}{K} = \left|\frac{1}{m}\right|\Delta m + \left|\frac{1}{T'}\right|\Delta T' + \left|\frac{-1}{\theta}\right|\Delta\theta + \left|\frac{-1}{T''}\right|\Delta T''$$

$$\frac{\Delta K_1}{K_1} = \left|\frac{1}{135.1}\right| \times 0.1 + \left|\frac{1}{11.5}\right| \times 0.2 + \left|\frac{-1}{60}\right| \times 1 + \left|\frac{-1}{22.4}\right| \times 0.2 = 0.063 \Rightarrow \Delta K_1 \cong 0.06$$

$$\frac{\Delta K_2}{K_2} = \left|\frac{1}{262}\right| \times 0.1 + \left|\frac{1}{6.2}\right| \times 0.2 + \left|\frac{-1}{60}\right| \times 1 + \left|\frac{-1}{26.2}\right| \times 0.2 = 0.09 \Rightarrow \Delta K_2 \cong 0.08$$

$$\frac{\Delta K_3}{K_3} = \left|\frac{1}{424.6}\right| \times 0.1 + \left|\frac{1}{2.4}\right| \times 0.2 + \left|\frac{-1}{30}\right| \times 1 + \left|\frac{-1}{27.8}\right| \times 0.2 = 0.208 \Rightarrow \Delta K_3 \cong 0.2$$

تحقیق و بررسی قوانین بویل ماریوت و شارل گیلوساک

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: هدف از این آزمایش تحقیق و بررسی قوانین بویل ماریوت و شارل گیلوساک است. که برای این منظور از دستگاه ماریوت استفاده می‌کنیم.

قانون بویل ماریوت: اگر مقدار معینی گاز را در دمای ثابت متراکم یا منبسط کنیم، در طول این فرایند رابطه زیر میان حجم و فشار گاز برقرار است:

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \ldots = P_nV_n = cte$$

قوانین گیلوساک:

۱. هرگاه در حجم ثابت گازی را گرم کنیم در مورد دما و فشار گاز خواهیم داشت:

$$\beta = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta t} = \frac{P_2 - P_1}{P_0(t_2 - t_1)}$$

β را ضریب ازدیاد فشار در حجم ثابت گویند و P_0 فشار گاز در صفر درجه است. و با توجه به این که داریم $P = P_0(1+\beta t)$ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1}$$

۲. هرگاه در فشار ثابت گازی را گرم کنیم در مورد دما و حجم گاز خواهیم داشت:

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{V_0(t_2 - t_1)}$$

α را ضریب انبساط حجمی گاز در فشار ثابت گویند و V_0 حجم گاز در صفر درجه است. و با توجه به این که داریم $V = V_0(1+\alpha t)$ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\beta = \frac{V_2 - V_1}{V_1 t_2 - V_2 t_1}$$

شرح آزمایش: همان‌طور که در بالا گفته شد برای انجام این آزمایش از دستگاه ماریوت استفاده می‌کنیم.

این دستگاه از یک مخزن حاوی مقداری هوای خشک محبوس شده توسط جیوه تشکیل شده‌است که این مخزن توسط

یک لوله لاستیکی به لوله دیگری حاوی جیوه متصل است. مخزن حاوی هوا تماماً داخل یک لوله آب قرار دارد. بنابراین جریان آب می‌تواند از روی این مخزن عبور کند. همچنین مخزن حاوی جیوه را میتوان به توسط پیچهایی که روی پایه قرار دارد بالا و پایین کرد.

از آنجایی که در این آزمایش اندازه گیری دقیق حجم و فشار اهمیت زیادی دارد، لذا برای اندازه‌گیری طول‌ها از کاتتومتر استفاده می‌کنیم. این وسیله میتواند طولها را با دقت $1/20\,mm$ اندازه گیری کند.

آزمایش اول: برای تحقیق قانون بویل–ماریوت در دمای ثابت فشار گاز را تغییر می‌دهیم و حجم گاز را بدست می‌آوریم. در مرحله اول لوله حاوی جیوه (لوله C) را طوری تنظیم می‌کنیم که سطح جیوه درون آن بالاتر از سطح جیوه درون مخزن قرار گیرد (یعنی فشار مخزن بیشتر از فشر محیط باشد). سپس ارتفاع بالاترین سطح مخزن (h_1)، سطح جیوه درون مخزن (h_2) و سطح جیوه درون لوله C (h_3) را بوسیله کاتتومتر می‌خوانیم و خواهیم داشت:

$$V_1 = (h_1 - h_2)S$$
$$P_1 = H + (h_3 - h_2)$$

H فشار محیط است. که توسط فشار سنج آزمایشگاه خوانده می‌شود.

در مرحله دوم سطح جیوه درون لوله C را پایین‌تر از جیوه درون مخزن قرار می‌دهیم (فشار هوای محبوس کمتر از فشار هوای محیط است) و ارتفاع سطح جیوه درون مخزن (h'_2) و درون لوله C (h'_3) را می‌خوانیم و خواهیم داشت:

$$V_2 = (h_1 - h'_2)S$$
$$P_2 = H + (h'_3 - h'_2)$$

و در نهایت در مرحله سوم دو سطح جیوه در لوله C و مخزن را یکسان می گیریم (و این سطح مشترک را h''_2 می‌نامیم) تا فشار هوای درون مخزن برابر فشار محیط شود و داریم:

$$V_3 = (h_1 - h''_2)S$$
$$P = H$$

محاسبات آزمایش اول:

$$\left.\begin{aligned} S &= 100mm^2 \\ H &= 662.75mmHg \\ h_1 &= 913.85mm \\ h_2 &= 721.70mm \\ h_3 &= 760.60mm \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = 19215mm^3 \\ P_1 = 701.65mmHg \end{cases} \Rightarrow P_1V_1 = 13482204.75$$

$$\left.\begin{aligned} h'_2 &= 703.40mm \\ h'_3 &= 682.75mm \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} V_2 = 21045mm^3 \\ P_2 = 642.10mmHg \end{cases} \Rightarrow P_2V_2 = 13512994.5$$

$$h''_2 = 710.00mm \Rightarrow \begin{cases} V_3 = 20385mm^3 \\ P\ = 662.75mmHg \end{cases} \Rightarrow PV_3 = 13510158.75$$

دیده می‌شود که قانون بویل–ماریوت بطور تقریبی برقرار است. (یعنی مقدار $P_i \times V_i$ تقریباً ثابت مانده است). البته یکی از علتهای مهم این انحراف جزئی، تغییرات کم دما در طول آزمایش است.

آزمایش دوم: اکنون سطح جیوه در لوله C و مخزن یکسان است، بنابراین فشار گاز درون مخزن فشار جو است. دما را از روی دماسنج دستگاه میخوانیم (t_1). سپس آب را در اطراف مخزن هوا بجریان می‌اندازیم. پس از مدتی که تعادل گرمایی برقرار شد، با تغییر ارتفاع لوله C سطح جیوه درون مخزن را به سطح قبلی (h''_2) بر می‌گردانیم (تا حجم هوای درون مخزن ثابت بماند). سپس دمای جدید (t_2) و ارتفاع جیوه درون لوله C را میخوانیم (h''_3) پس در دماهای t_1 و t_2 فشارهای هوای درون مخزن عبارتند از:

$$P_1 = H$$
$$P_2 = H + (h''_3 - h''_2)$$

سپس در همین حالت سطوح جیوه درون مخزن و لوله C را یکسان می‌کنیم (تا فشار به همان فشار جو برگردد و ثابت شود) و ارتفاع را میخوانیم (h'_4). بنابراین حجم گاز در دماهای t_1 و t_2 عبارتست از:

$$V_1 = (h_1 - h''_2)S$$
$$V_2 = (h_1 - h'_4)S$$

محاسبات آزمایش دوم:

$$\left.\begin{matrix} h''_3 = 686.30mm \\ h'_4 = 715.45mm \end{matrix}\right\} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = 662.75mmHg \\ P_2 = 639.05mmHg \\ V_1 = 20385mm^3 \\ V_2 = 19840mm^3 \end{cases}, \begin{cases} t_1 = 23°C \\ t_2 = 17.5°C \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \alpha = 5.473 \times 10^{-3} \\ \beta = 7.645 \times 10^{-3} \end{cases} \Rightarrow \alpha / \beta \cong 0.716$$

محاسبه R:

$$PV = \frac{m}{M} RT, m = \frac{a_0 PVd}{P_0(1+\alpha t)}, a_0 = 1.293\, gr/Lit, M = 30gr, d = 1, P_0 = 760mmHg$$

$$t = 23°C, P = 662.75mmHg, V = 0.020385Lit \Rightarrow m \cong 0.0204gr$$

$$R = \frac{PVM}{mT}, T = 296K, P = 88075.99Pa, V = 0.000020385m^3 \Rightarrow$$

$$R \cong 8.98\, J/mol°C$$

خواسته‌ها:

روابط ۷ و ۹ را بدست آورید؛

$$\left.\begin{matrix} P_1 = P_0(1+\beta t_1) \\ P_2 = P_0(1+\beta t_2) \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} P_1 t_2 = P_0 t_2 + P_0 \beta t_1 t_2 \\ P_2 t_1 = P_0 t_1 + P_0 \beta t_1 t_2 \end{matrix}\right. \Rightarrow \left\{\begin{matrix} P_2 - P_1 = P_0 \beta (t_2 - t_1) \\ P_1 t_2 - P_2 t_1 = P_0 (t_2 - t_1) \end{matrix}\right. \Rightarrow \beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1}$$

$$\left.\begin{matrix} V_1 = V_0(1+\alpha t_1) \\ V_2 = V_0(1+\alpha t_2) \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} V_1 t_2 = V_0 t_2 + V_0 \alpha t_1 t_2 \\ V_2 t_1 = V_0 t_1 + V_0 \alpha t_1 t_2 \end{matrix}\right. \Rightarrow \left\{\begin{matrix} V_2 - V_1 = V_0 \alpha (t_2 - t_1) \\ V_1 t_2 - V_2 t_1 = V_0 (t_2 - t_1) \end{matrix}\right. \Rightarrow \alpha = \frac{V_2 - V_1}{V_1 t_2 - V_2 t_1}$$

با استفاده از مشتقات جزیی خطای مطلق و نسبی α و β را بیابید و آنها را صحیح ارقام نمایید؛

دقت اندازه‌گیری دماسنج، ۱ درجه سانتیگراد، دقت کاتتومتر $\frac{1}{20}mm$ و دقت فشارسنج آزمایشگاه هم $\frac{1}{20}mmHg$ است با توجه به اینکه خطای اندازه‌گیری برابر نصف دقت وسیله است:

$$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1} \Rightarrow \log\beta = \log(P_2 - P_1) - \log(P_1 t_2 - P_2 t_1)$$

$$\Delta t_i = 0.5°C, \Delta H = \Delta h_i = \frac{\frac{1}{20}}{2} = 0.025$$

$$P = P_2 - P_1$$

$$\left.\begin{matrix} P_2 = H + h_3'' - h_2'' \Rightarrow \Delta P_2 = \Delta H + \Delta h_3'' + \Delta h_2'' = 0.075 \\ P_1 = H \Rightarrow \Delta P_1 = 0.025 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \Delta P = 0.1mmHg$$

$$\log\beta = \log(P) - \log(P_1 t_2 - P_2 t_1) \Rightarrow \frac{d\beta}{\beta} = \frac{dP}{P} - \frac{dP_1 t_2 + P_1 dt_2 - dP_2 t_1 - P_2 dt_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \left|\frac{1}{P}\right|\Delta P + \left|\frac{1}{P_1 t_2 - P_2 t_1}\right|(\Delta P_1|t_2| + |P_1|\Delta t_2 + |-t_1|\Delta P_2 + |-P_2|\Delta t_1)$$

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \left|\frac{1}{-23.7}\right| \times 0.1 + \left|\frac{1}{-3100}\right|(0.025 \times |17.5| + |662.75| \times 0.5 + |-23| \times 0.075 + |-639.05| \times 0.5) \cong 0.215$$

$$\Rightarrow \Delta\beta = 1.644 \times 10^{-3} \Rightarrow \beta = 7 \times 10^{-3} \pm 1 \times 10^{-3}$$

$$\alpha = \frac{V_2 - V_1}{V_1 t_2 - V_2 t_1} \Rightarrow \log\alpha = \log(V_2 - V_1) - \log(V_1 t_2 - V_2 t_1)$$

$$\Delta t_i = 0.5°C, \Delta h_i = \frac{1/20}{2} = 0.025$$

$$V = V_2 - V_1$$

$$\left.\begin{matrix} V_1 = (h_1 - h_2'')S \\ V_2 = (h_1 - h_4')S \end{matrix}\right\} \Rightarrow \Delta V_I = 2S\Delta h_I = 5mm^3 \Rightarrow \Delta V = 10mm^3$$

$$\log\alpha = \log(V) - \log(V_1 t_2 - V_2 t_1) \Rightarrow \frac{d\alpha}{\alpha} = \frac{dV}{V} - \frac{dV_1 t_2 + V_1 dt_2 - dV_2 t_1 - V_2 dt_1}{V_1 t_2 - V_2 t_1} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \left|\frac{1}{V}\right|\Delta V + \left|\frac{1}{V_1 t_2 - V_2 t_1}\right|(\Delta V_1 |t_2| + |V_1|\Delta t_2 + |-t_1|\Delta V_2 + |-V_2|\Delta t_1)$$

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \left|\frac{1}{-545}\right| \times 10 + \left|\frac{1}{-99580}\right|(5 \times |17.5| + |20385| \times 0.5 + |-23| \times 5 + |-19840| \times 0.5) \cong 0.222$$

$$\Rightarrow \Delta\alpha = 1.215 \times 10^{-3} \Rightarrow \alpha = 5 \times 10^{-3} \pm 1 \times 10^{-3}$$

بررسی حرکت خطی – انتقالی

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: هدف از این آزمایش بررسی قوانین سینماتیک و دینامیک است. علم سینماتیک روابط حاکم بر حرکت اجسام را مورد بررسی قرار می‌دهد. بدون آنکه به بررسی علل حرکت اشیا بپردازد. در حالیکه علم دینامیک علل حرکت اجسام را تحلیل می‌کند.

اگر یک نقطه مادی در امتداد یک خط مستقیم حرکت کند، حرکت آنرا حرکت مستقیم‌الخط می‌نامند. برای تعیین محل این نقطه، یک مبدا روی خط در نظر می‌گیریم. و فاصله نقطه از این مبدا را با x نشان می‌دهیم و مکان نقطه می‌نامیم. با توجه به اینکه جهت هم برای ما اهمیت دارد ، مقدار x میتواند مثبت یا منفی باشد.

اگر در زمان t فاصله نقطه از مبدا x و در زمان $t+\Delta t$ فاصله نقطه از مبدا $x+\Delta x$ باشد سرعت متوسط و لحظه‌ای نقطه بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}, v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

همچنین در صورتیکه سرعت ثابت نباشد، بطور مشابه شتاب متوسط و لحظه‌ای بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}, a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

حرکت یک‌بعدی یکنواخت: حرکتی را گویند که شتاب در آن صفر باشد. پس سرعت ثابت است و داریم:

$$x = v \cdot t + x_0$$

که x_0 فاصله متحرک از مبدا در شروع حرکت است.

حرکت با شتاب ثابت: حرکتی است که در آن شتاب ثابت است و با توجه به تعاریف بالا داریم:

$$v = a \cdot t + v_0$$

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 t + x_0$$

قانون دوم نیوتن: اگر به یک نقطه مادی به جرم m نیروی F را وارد کنیم، نقطه در جهت نیروی وارده حرکت می‌کند و داریم:

$$F = m \cdot a$$

و اگر چند نیرو بر جسم وارد شود، معادله فوق تبدیل میشود به:

$$\sum F = m \cdot a$$

که $\sum F$ جمع برداری نیروهای وارده بر جسم است.

شرح آزمایش اول: در این آزمایش حرکت یکنواخت را بوسیله مجموعه ارابه و زمان سنج دیجیتال مورد بررسی قرار میدهیم. میدانیم که معادله زیر برقرار است:

$$\Delta x = v \cdot \Delta t$$

بنابر این برای تعدادی Δx مختلف، Δt را بدست می‌آوریم. آنچه که در انجام این آزمایش مهم است، اینست که نقطه شروع زمان‌سنجی ما باید مقداری جلوتر از مبدا حرکت باشد تا جسم در آن نقطه بسرعت ثابت رسیده باشد.

محاسبات آزمایش اول: نتایج زیر از آزمایش بدست آمد:

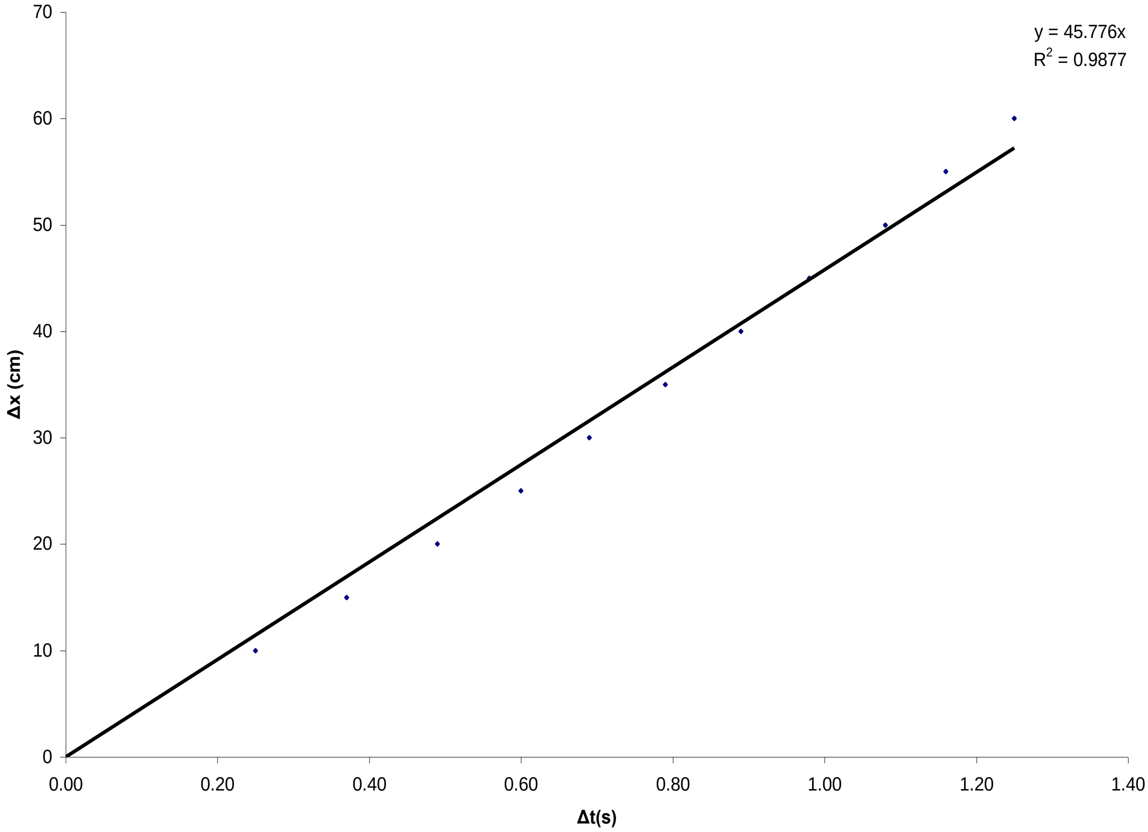
Δx (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\Delta t(s)$	0.25	0.37	0.49	0.60	0.69	0.79	0.89	0.98	1.08	1.16	1.25

باتوجه به اینکه که معادله Δx بر حسب Δt خطی است که از مبدا می‌گذرد داریم:

$$v = \frac{[\Delta t \cdot \Delta x]}{[\Delta t \cdot \Delta t]} = \frac{353.7}{7.7267} = 45.776 \, {}^{cm}\!/_{s} \Rightarrow$$

$$\Delta x = 45.776 \Delta t$$

نمودار این خط مطابق شکل زیر است:



شرح آزمایش دوم: در این آزمایش حرکت شتاب ثابت را بررسی و تحلیل میکنیم. منتهی در حالتی که سرعت اولیه و مکان اولیه صفر باشند پس معادله زیر برقرار خواهد بود:

$$x = \frac{1}{2}a \cdot t^2 + v_0 t + x_0, v_0 = x_0 = 0 \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}a \cdot \Delta t^2$$

محاسبات آزمایش دوم: نتایج زیر از آزمایش بدست آمد:

Δx (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\Delta t(s)$	0.66	0.76	0.85	0.94	1.00	1.09	1.16	1.24	1.30	1.35

باتوجه به معادله اخیر، تغییر متغیرهای زیر را میدهیم:

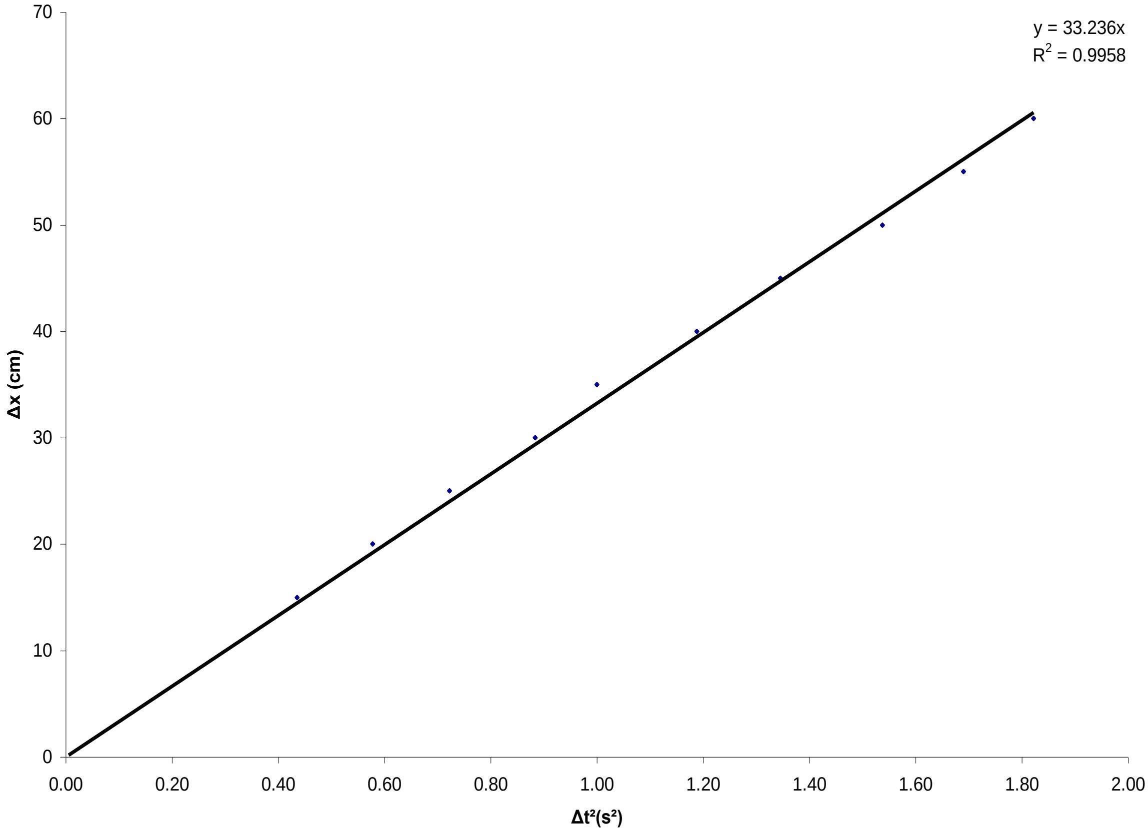
$$\Delta x = y, (\Delta t)^2 = x, \frac{1}{2}a = A$$

پس داریم :

$$y = Ax, A = \frac{[(\Delta x)(\Delta t)^2]}{[(\Delta t)^2(\Delta t)^2]} = \frac{484.9125}{14.59017} = 33.235 \Rightarrow a = 66.471 \, cm/s^2 \Rightarrow$$

$$\Delta x = 33.235 \cdot \Delta t^2$$

و نمودار Δx بر حسب Δt^2 بصورت زیر است:



شرح آزمایش سوم: در این آزمایش نیز بر روی حرکت شتاب ثابت کار می‌کنیم. ولی در حالتی که هم سرعت اولیه داریم وهم مکان اولیه. معادله زیر برقرار خواهد بود:

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 t$$

محاسبات آزمایش سوم: نتایج زیر از آزمایش بدست آمد:

Δx (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\Delta t(s)$	0.27	0.35	0.42	0.48	0.54	0.61	0.66	0.72	0.77	0.82

حال باتوجه به مطالب جزوه در مورد روش‌های ریاضی محاسبات، میخواهیم معادله منحنی $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$ را بدست آوریم:

$$\begin{cases} Na_0 + [x]a_1 + [xx]a_2 - [y] = 0 \\ [x]a_0 + [xx]a_1 + [xxx]a_2 - [xy] = 0 \end{cases}$$

$$a_0 = 0 \Rightarrow$$

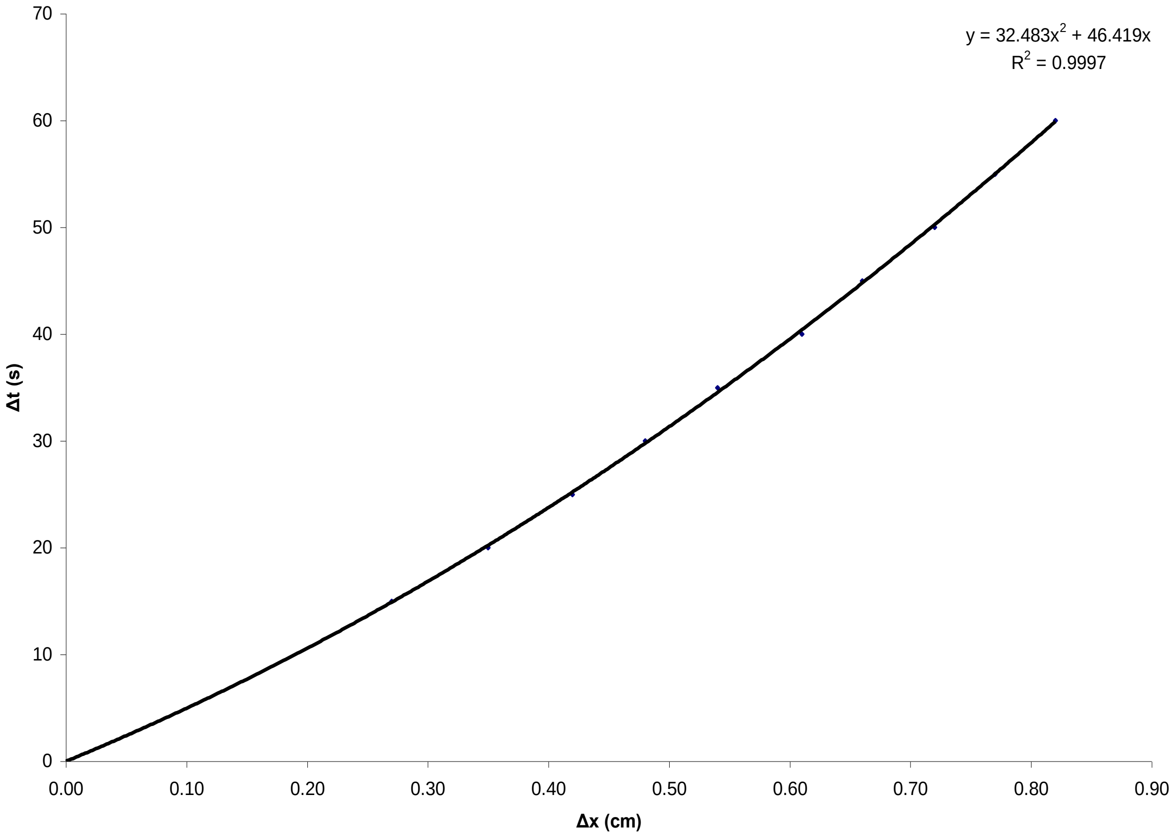
$$\begin{cases} [x]a_1 + [xx]a_2 - [y] = 0 \\ [xx]a_1 + [xxx]a_2 - [xy] = 0 \end{cases}$$

$$\Delta x = y, \Delta t = x, \frac{1}{2}a = a_2, v_0 = a_1 \Rightarrow$$

$$\begin{cases} [\Delta t]v_0 + [\Delta t \cdot \Delta t]\dfrac{a}{2} - [\Delta x] = 0 \\ [\Delta t \cdot \Delta t]v_0 + [\Delta t \cdot \Delta t \cdot \Delta t]\dfrac{a}{2} - [\Delta t \cdot \Delta x] = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5.64v_0 + 3.4852\dfrac{a}{2} - 375 = 0 \\ 3.4852v_0 + 2.300328\dfrac{a}{2} - 236.5 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 = 46.39\,{}^{cm}\!/_{s} \\ a = 65.06\,{}^{cm}\!/_{s^2} \end{cases}$$

نمودار Δx برحسب Δt بصورت زیر است:



خواسته‌ها:

برای آزمایش اول با استفاده از خطای ضریب رگرسیون معادله خطوط اعتماد را بدست آورید ؟

$$\alpha^2 = \frac{[dd]}{N-2}, d_s = ax_s + b - y_s = 45.776\Delta t_s - \Delta x_s \Rightarrow \alpha^2 = \frac{33.91066}{9} = 3.7679$$

$$\frac{{\alpha_a}^2}{N} = \frac{\alpha^2}{\Delta}, \Delta = \begin{vmatrix} [xx] & [x] \\ [x] & N \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 7.7267 & 8.55 \\ 8.55 & 11 \end{vmatrix} = 11.8912 \Rightarrow {\alpha_a}^2 = \frac{11 \times 3.7679}{11.8912} = 3.4855$$

$$\Rightarrow \alpha_a = 1.867 \Rightarrow y = (46 \pm 2)x \Rightarrow \Delta x = (46 \pm 2)\Delta t$$

بنابر این معادله خطوط اعتماد $\Delta x = 44\Delta t$ و $\Delta x = 48\Delta t$ است.

برای آزمایشهای دوم و سوم کشش نخ را محاسبه کنید؟

$$\sum F = ma, mg - T = ma \Rightarrow T = m(g-a)$$

در آزمایش ۲ :

$$a = 6.6471 \, {}^{m}\!/_{s^2} \Rightarrow T = m(g-a) = \frac{0.3}{9.8}(9.8 - 6.6471) \cong 0.097N$$

در آزمایش ۳ :

$$a = 6.506 \, {}^{m}\!/_{s^2} \Rightarrow T = m(g-a) = \frac{0.4}{9.8}(9.8 - 6.506) \cong 0.134N$$

البته این روابط را در صورتی می‌توان برای کشش نخ بکار برد که اولا از جرم نخ صرفنظر کنیم ثانیا اصطکاک میان نخ و قرقره را ناچیز بدانیم.

در آزمایش اول آیا نیروی اصطکاک وجود دارد؟ آیا میتوانید آنرا محاسبه کنید؟ بچه طریقی میتوان وجود نیروهای اصطکاک را اثبات کرد؟

بله. نیروی اصطکاک وجود دارد زیرا اگر نباشد، با نوشتن قانون دوم برای ارابه داریم:

$$\sum F = ma \Rightarrow T = ma$$

و چون نیروی کشش نخ صفر نیست پس شتاب هم نمیتواند صفر باشد. یعنی حرکت یکنواخت نخواهد بود.

و مقدارش برابر T است. با نوشتن قانون دوم برای وزنه داریم:

$$\sum F = ma = 0 \Rightarrow T = mg = 0.1N$$

پس نیروی اصطکاک هم برابر $0.1N$ میباشد.

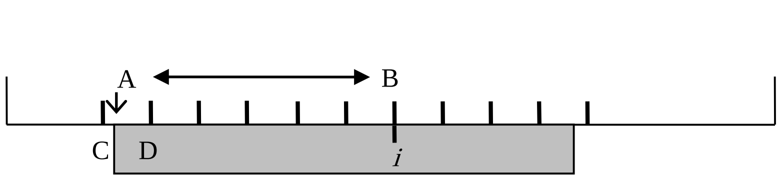
معمولا با نوشتن قانون دوم نیوتن و محاسبه طرفین تساوی می‌توان پی بوجود یا عدم وجود اصطکاک برد.

شناسایی وسایل اندازه گیری طول

در این آزمایش با نحوه کار برخی وسایل اندازه گیری آشناشدیم. همچنین میزان دقت وسایل را محاسبه کردیم و در نهایت بوسیله اسفرومتر توانستیم شعاع تقعر و تحدب شیشه ساعت را محاسبه کنیم.

شرح آزمایش ۱: در این آزمایش با کولیس سروکار داریم که از یک خط‌کش مدرج و یک ورنیه تشکیل شده‌است. یکی از انواع ورنیه نوعی است که طول آن ۹ میلیمتر است و آنرا به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. اگر صفر ورنیه بر صفر خط‌کش اصلی منطبق باشد، اولین درجه ورنیه، $0.1mm$ قبل از درجه $1mm$، دومین $0.2mm$ قبل از $2mm$ و به همین ترتیب دهمین درجه بر میلیمتر نهم خط‌کش منطبق است.

برای محاسبه طول یک جسم توسط کولیس، جسم را داخل آن قرار میدهیم. نقطه انتهایی جسم لزوماً در مقابل یکی از درجات خط‌کش اصلی قرار نمی‌گیرد، بنابراین درجه ای از خط‌کش را که صفر ورنیه از آن گذشته یادداشت می‌کنیم و برای تعیین کسر درجات باید ببینیم که کدام درجه ورنیه بر یکی از درجات خط‌کش اصلی منطبق است،اگر درجه i ام ورنیه بر یکی از درجات خط‌کش اصلی منطبق باشد، در نوعی از ورنیه که در بالا مثال زده شد، کسر درجات برابر $i/10$ خواهد بود. دلیل این امر در زیر آمده است:



درجه i ام کولیس بر خط‌کش منطبق است، فرض کنید AC برابر $x/10$ میلیمتر باشد که $0 \le x \le 9$ باید ثابت شود که $x=i$. برای این منظور طول AB را بدو روش حساب میکنیم از روی کولیس و از روی خط‌کش:

مقدار AB از روی کولیس می‌شود $0.9i$ چون هر واحد کولیس ۰/۹ واحد خط‌کش است. طول AB از روی خط‌کش می‌شود: $AB = AD + DB = \frac{10-x}{10} + n$ که n تعداد واحد های خط‌کش و عددی طبیعی است:

$$\frac{10-x}{10} + n = 0.9i, 0 \le i < 10 \Rightarrow \left\lfloor \frac{9i}{10} \right\rfloor = n, \frac{9i}{10} - \left\lfloor \frac{9i}{10} \right\rfloor = \frac{10-x}{10}$$

$$\frac{9i}{10} = i - 1 + \frac{10-i}{10} \Rightarrow \frac{9i}{10} - \left\lfloor \frac{9i}{10} \right\rfloor = \frac{10-i}{10} = \frac{10-x}{10} \Rightarrow i = x$$

محاسبات آزمایش ۱: برای محاسبه دقت ورنیه به‌این صورت عمل می‌کنیم:

کولیس۱:

طول یک درجه از خط‌کش ورنیه$= \frac{39mm}{20} = 1.95mm$

دقت ورنیه$= 2 - 1.95 = 0.05mm$

کولیس۲:

طول یک درجه از خط‌کش ورنیه$= \frac{7/16\, in}{8} = \frac{7}{128} in$

دقت ورنیه$= \frac{1}{16} - \frac{7}{128} = \frac{1}{128} in$

و از آنجایی که خطای اندازه گیری برابر نصف دقت وسیله خواهد بود، در کولیس ۱ $\Delta L = \frac{0.05}{2} mm$ و

در کولیس۲ $\Delta L = \frac{1}{256} mm$ است.

ارتفاع استوانه برابر $10.05mm$ و $\frac{51}{128} in$ شد پس داریم:

$$x = \frac{10.05mm}{51/128\, in} = 25.22mm$$

یعنی هر اینچ برابر ۲۵/۲۲ میلیمتر است.

آزمایش۲: در این آزمایش با ریز سنج کار می‌کنیم و دقت آنرا بدست می‌آوریم:

تعداد تقسیمات روی استوانه M / گام پیچ = دقت ریز سنج

دقت ریزسنج۱$= 1/2\, mm \times 1/50 = 1/100\, mm$

دقت ریزسنج۲$= 1/40\, in \times 1/25 = 1/1000\, in$

برای محاسبه انحراف از مبدا ریزسنج، آنرا تا آخر سفت میکنیم (توسط پیچ هرز گرد) و سپس می‌بینیم که ریزسنج چقدر از مبدا فاصله دارد:

انحراف از مبدا ریزسنج۱$= -4/100\, mm$

$$\text{انحراف از مبدا ریزسنج۲} = +\frac{2}{1000} in$$

قطر ساچمه‌ای را توسط ریزسنج اندازه‌گیری می‌کنیم:

$$D = 12.5mm + 15 \times \frac{1}{100} mm + \frac{4}{100} mm = 12.69mm$$

$$D = \frac{5}{10} in - \frac{2}{1000} in = 0.498in$$

$$x = \frac{12.69mm}{0.498} = 25.48$$

پس هر اینچ برابر ۲۵/۴۸ میلی‌متر است.

آزمایش ۳: در این آزمایش با گوی‌سنج (اسفرومتر) که برای تعیین شعاع انحنای کره‌ها بکار میرود سروکار داریم:

تعداد تقسیمات / گام پیچ = دقت گوی سنج

$$\text{دقت گوی سنج} = \frac{1}{2} mm \times \frac{1}{250} = \frac{1}{500} mm$$

انحراف از مبدا دستگاه صفر بود حال اندازه‌گیری می‌کنیم. H ارتفاعی است که گوی‌سنج برای بیرون شیشه ساعت نشان داد (محدب) و h برای داخل شیشه ساعت (مقعر):

$$h = 5 \times \frac{1}{2} - 18 \times \frac{1}{500} = 2.464mm$$

$$H = 4 \times \frac{1}{2} + \frac{400}{1000} + 15 \times \frac{1}{500} = 2.430mm$$

و با اندازه‌گیری L بیرونی و درونی توسط کولیس داریم:

$$\left.\begin{array}{l} L_O = 56.05mm \\ L_I = 44.15mm \end{array}\right\} \Rightarrow L = \frac{L_O + L_I}{2} = 50.10mm$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{3}} = 28.92mm$$

با قرار دادن اعداد در فرمول $R = \frac{a^2 + h^2}{2h}$، R_1 و R_2 که به ترتیب شعاعهای مقعر (داخلی) و محدب (خارجی) شیشه هستند، داریم:

$$R_1 = 170.949mm$$
$$R_2 = 173.306mm$$

خواسته‌ها:

خطای نتایج بدست آمده از گوی سنج و تصحیح ارقام آنها:

$$a=\frac{L}{\sqrt{3}}=\frac{L_O+L_I}{2\sqrt{3}}\Rightarrow \Delta a=\frac{\left|\Delta L_O\right|+\left|\Delta L_I\right|}{2\sqrt{3}}=\frac{\frac{0.05}{2}+\frac{0.05}{2}}{2\sqrt{3}}=0.0144$$

$$R=\frac{a^2+h^2}{2h}\Rightarrow \log(R)=\log(a^2+h^2)-\log(2h)\Rightarrow \frac{dR}{R}=\frac{2a\cdot da+2h\cdot dh}{a^2+h^2}-\frac{dh}{h}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta R}{R}=\left|\frac{2a}{a^2+h^2}\right|\Delta a+\left|\frac{2h}{a^2+h^2}-\frac{1}{h}\right|\Delta h$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1}=\left|\frac{2\times 28.92}{842.438}\right|\times 0.0144+\left|\frac{2\times 2.464}{842.438}-\frac{1}{2.464}\right|\times\frac{1/500}{2}=1.389\times 10^{-3}\Rightarrow \Delta R_1=0.237$$

$$\frac{\Delta R_2}{R_2}=\left|\frac{2\times 28.92}{842.27}\right|\times 0.0144+\left|\frac{2\times 2.430}{842.27}-\frac{1}{2.430}\right|\times\frac{1/500}{2}=1.393\times 10^{-3}\Rightarrow \Delta R_2=0.238$$

$$R_1=170.9\pm 0.2,R_2=173.3\pm 0.2$$

محاسبه خطا و تصحیح ارقام برای آزمایش های اول و دوم:

$$x=\frac{a}{b}\Rightarrow \log x=\log a-\log b\Rightarrow \frac{dx}{x}=\frac{da}{a}-\frac{db}{b}\Rightarrow \frac{\Delta x}{x}=\frac{\Delta a}{a}+\left|-1\right|\frac{\Delta b}{b}$$

آزمایش اول:

$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{0.05/2}{10.05}+\frac{1/256}{51/128}=0.012\Rightarrow \Delta x=0.31\Rightarrow x=25.2\pm 0.3$$

آزمایش دوم:

$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{0.01/2}{12.69}+\frac{1/2000}{0.498}=1.398\times 10^{-3}\Rightarrow \Delta x=0.036\Rightarrow x=25.48\pm 0.03$$

اصل بقای انرژی به وسیله چرخ ماکسول

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش: هدف از این آزمایش بررسی تبدیل انرژی پتانسیل به جنبشی و اندازه گیری شتاب مرکز جرم و سرعت زاویه است.

چرخ ماکسول عبارت است از یک چرخ بهمراه محور که بوسیله دو نخ از تکیه‌گاه آویزان شده‌است. در صورتیکه جرم و شعاع محور را بترتیب m و r و جرم و شعاع چرخ را بترتیب Mو R بنامیم، روابط زیر بدست می‌آیند. بر اساس قانون دوم نیوتن داریم:

$$(M+m)g-2T=(M+m)a_{cm}$$

همچنین در مورد گشتاور نیرو و شتاب زاویه‌ای α داریم:

$$\tau_{cm}=I_{cm}\alpha, I_{cm}=I+I'$$

که I و I' اینرسی دورانی چرخ و میله نسبت به محور دوران میباشند. از طرفی:

$$2Tr=\left(I+mr^2\right)\alpha \Rightarrow 2T=\frac{I+mr^2}{r^2}a_{cm}$$

پس خواهیم داشت:

$$a_{cm}=\frac{r^2(M+m)}{I+mr^2+(M+m)r^2}g$$

همچنین از اصل بقای انرژی خواهیم داشت:

$$(M+m)gh=\frac{1}{2}MV_1^2+\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}I_{cm}\omega^2$$
$$V_1=R\omega, v_1=r\omega$$

بر اساس این روابط میتوان نوشت:

$$\omega^2=\frac{2(M+m)h}{(MR^2+mr^2)+(mr^2+I)}g$$

شرح آزمایش اول: نخ را حول محور میپیچانیم و چرخ را در ارتفاع h قرار میدهیم، و رها میکنیم و زمان سقوط t را بدست می‌آوریم. این آزمایش را برای حدود ۱۰ ارتفاع مختلف تکرار کرده و از آنجایی که داریم $h=\frac{1}{2}at^2$ با بکارگیری روش حداقل مربعات مانده‌ها a را بدست می‌آوریم.

محاسبات آزمایش اول: نتایج زیر بدست آمد:

$h(cm)$	47.0	45.0	43.0	41.0	39.0	37.0	35.0	33.0	31.0	29.0
$t(s)$	5.1	5.0	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	3.9

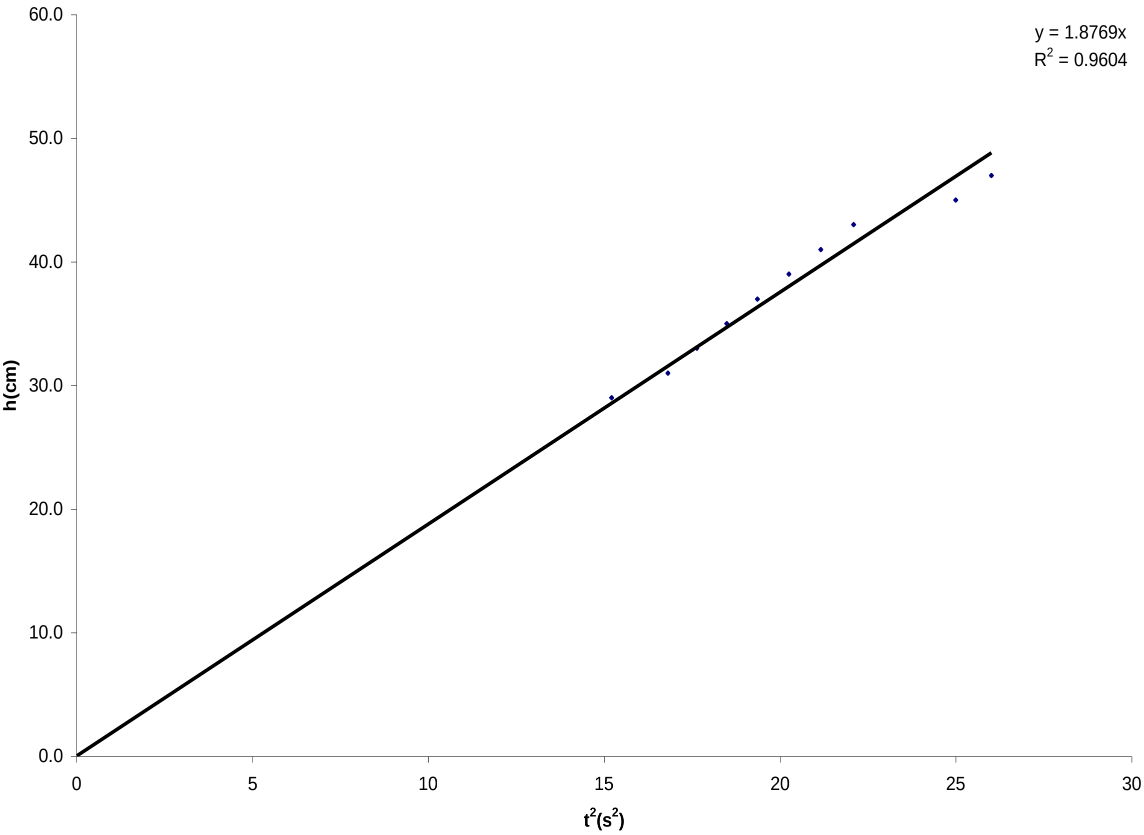
از آنجایی که رابطه h بر حسب t^2 خطی است ($h=\frac{1}{2}at^2$) بنابراین اگر t^2 را x و h را y بنامیم داریم:

$$y = Ax + B, B = 0 \Rightarrow y = Ax \Rightarrow A = \frac{[xy]}{[xx]}$$

xy	1222.47	1125.00	949.87	867.56	789.75	716.32	647.15	582.12	521.
xx	676.52	625.00	487.97	447.75	410.06	374.81	341.88	311.17	282.

$$\left.\begin{matrix}[xy] = 7862.44 \\ [xx] = 4189.08\end{matrix}\right\} \Rightarrow A \cong 1.7869 \Rightarrow a = 3.7538\, {}^{cm}\!/_{s^2}$$

بنابر این نمودار h برحسب t^2 بصورت زیر در می‌آید:



برای محاسبه شتاب مرکز جرم از طریق روابط تئوری بصورت زیر عمل می کنیم:

$$a_{cm} = \frac{r^2(M+m)}{I + mr^2 + (M+m)r^2} g$$

$$M = 0.7kg, m = 0.033kg, R = 6.5cm, r = 0.3cm, I = 13kg \cdot cm^2, g = 980 \, {}^{cm}\!/_{s^2} \Rightarrow$$

$$a_{cm} = 4.95 \, {}^{cm}\!/_{s^2}$$

ω را برای هر مرحله از طریق روابط تئوری بالا بدست می‌آوریم:

$$\omega^2 = \frac{2(M+m)h}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)} g \Rightarrow \omega^2 = 33.764h \Rightarrow \omega = \sqrt{33.764h}$$

h(cm)	47.0	45.0	43.0	41.0	39.0	37.0	35.0	33.0	31.0	29.0
ω	39.8	39.0	38.1	37.2	36.3	35.3	34.4	33.4	32.4	31.3

همچنین برای محاسبه خطای ω بروش زیر عمل می‌کنیم:

$$\omega^2 = \frac{2(M+m)h}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)} g \Rightarrow$$

$$2\log\omega = \log 2 + \log(M+m) + \log h + \log g - \log(MR^2 + 2mr^2 + I) \Rightarrow$$

$$\frac{2d\omega}{\omega} = \frac{dm + dM}{M+m} + \frac{dh}{h} + \frac{dg}{g} - \frac{dI + R^2 dM + 2RMdR + 2r^2 dm + 4rmdr}{MR^2 + 2mr^2 + I} \Rightarrow$$

$$\frac{2\Delta\omega}{\omega} = \left|\frac{1}{h}\right|\Delta h + \left|\frac{1}{g}\right|\Delta g + \left|\frac{-1}{MR^2 + 2mr^2 + I}\right|\Delta I + \left|\frac{1}{m+M} - \frac{R^2}{MR^2 + 2mr^2 + I}\right|\Delta M$$

$$+ \left|\frac{1}{m+M} - \frac{2r^2}{MR^2 + 2mr^2 + I}\right|\Delta m + \left|\frac{-2RM}{MR^2 + 2mr^2 + I}\right|\Delta R + \left|-\frac{4rm}{MR^2 + 2mr^2 + I}\right|\Delta r$$

$$h = 39cm, \omega = 36.3, \Delta h = 0.05cm, \Delta I = 1kg \cdot cm^2, \Delta M = 0.1kg, \Delta m = 0.001kg,$$

$$\Delta R = 0.1cm, \Delta r = 0.1cm, g = 980 \, {}^{cm}\!/_{s^2}, \Delta g = 10 \, {}^{cm}\!/_{s^2} \Rightarrow$$

$$\frac{2\Delta\omega}{\omega} = 0.094 \Rightarrow \frac{\Delta\omega}{\omega} = 0.047 \Rightarrow \Delta\omega = 1.7061 \Rightarrow \omega = 36 \pm 1$$

معادله خطوط اعتماد برای آزمایش اول را نیز اینگونه محاسبه می‌کنیم:

d	1.8182	1.9225	-1.5393	-1.2848	-0.9928	-0.6632	-0.2961	0.1085	0.5507
dd	3.3057	3.6960	2.3694	1.6507	0.9856	0.4399	0.0877	0.0118	0.3033

$$\alpha^2 = \frac{[dd]}{N-2} = \frac{13.0546}{8} = 1.631825$$

$$\frac{{\alpha_a}^2}{N} = \frac{\alpha^2}{\Delta}, \Delta = \begin{vmatrix} [xx] & [x] \\ [x] & N \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4189.08 & 202.02 \\ 202.02 & 10 \end{vmatrix} = 1.079 \times 10^3 \Rightarrow {\alpha_a}^2 \cong 0.015 \Rightarrow$$

$$\alpha_a \cong 0.123 \Rightarrow h = (1.8 \pm 0.1)t^2$$

شرح آزمایش دوم: وقتی چرخ ماکسول از ارتفاع h_1 رها میشود، پس از بازگشت به ارتفاع دیگری مانند h_2 میرود. و بنابراین مقداری انرژی پتانسیل آن تغییر میکند که این مقدار برابر است با $\Delta E_p = (M+m)g\Delta h$.

برای چند حالت مختلف مقادیر ΔE و Δh را محاسبه میکنیم:

$\Delta h(cm)$	2.9	2.8	2.7	2.7	2.2	2.3	2.1	2.1	1.7	1.8
$\Delta E(J)$	0.208	0.201	0.194	0.194	0.158	0.165	0.151	0.151	0.122	0.129

اندازه گیری کشش سطحی آب به وسیله لوله موبین

Shimiomd.blog.ir

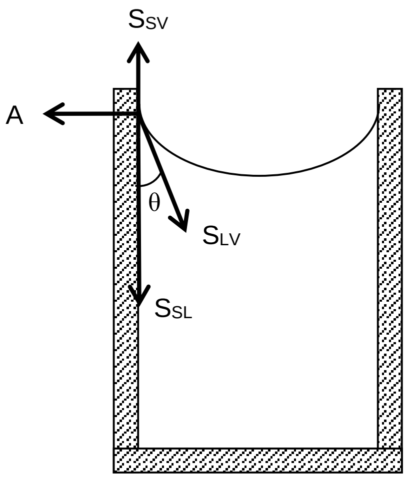
مختصری از تئوری آزمایش: در این آزمایش می‌خواهیم کشش سطحی آب را بدست آوریم، برای این منظور باید یکسری تعاریف، روابط و فرمول‌ها را بکار برد.

در هر ظرفی که مایعی ریخته شود، سه نوع کشش سطحی وجود دارد:

کشش سطحی لایه مایع – بخار $=S_{LV}$

کشش سطحی لایه جامد – بخار $=S_{SV}$

کشش سطحی لایه جامد – مایع $=S_{SL}$



همانطور که در شکل مشاهده میشود، این سه فصل مشترک در یک نقطه با هم اشتراک دارند. اگر بخش کوچکی از هر سه لایه را در نقطه تماس آنها در نظر بگیریم، جزء خطی مفروض، تحت تاثیر چهار نیرو است که سه تای آنها نیروهای سه‌گانه کشش سطحی و نیروی چهارم جاذبه بین جزء خطی مفروض و دیواره جامد است که آنرا نیروی *adhesion* گویند و در شکل با A نشان داده شده‌است.

نیروی S_{LV} با جداره ظرف زاویه θ میسازد و نیروهای S_{SV} و S_{SL} عمودی و نیروی A افقی است.

با تفکیک این نیروها روی محورهای x و y داریم:

$$S_{LV}\sin\theta = A \quad (\text{رابطه } ۱)$$

$$S_{SV} - S_{SL} = S_{LV}\cos\theta \quad (\text{رابطه } ۲)$$

اگر $0 \le \theta \le 90$ آنگاه $\cos\theta > 0$ در نتیجه S_{LV} بزرگتر از S_{SL} است که در این حالت میگوییم مایع جدار ظرف خود را تر می‌کند. و بطور مشابه اگر $90 \le \theta \le 180$ آنگاه $\cos\theta < 0$ در نتیجه S_{LV} کوچکتر از S_{SL} است که در این حالت میگوییم مایع جدار ظرف خود را تر نمی‌کند.

مساله دیگری که در اینجا مورد بررسی است، بحث مویینگی است. که تعریف آن، بالا رفتن مایعات در لوله های مویین است.

در مورد آب یا یدور متیلین که جدار ظرف خود را تر می‌کند، سطح مایع در لوله مویین بالا تر از سطح مایع در ظرف است و در این حالت مایع در لوله آنقدر بالا می‌رود که تعادل برقرار شود.

فرض کنید مایع به‌اندازه h بالا رفته و شعاع قاعده لوله مویین برابر r باشد. نیروی وزن ستون مایع (W) را به دو روش محاسبه می‌کنیم.

روش اول: مقدار این نیرو برای واحد طول برابر $S_{SV} - S_{SL}$ است. که طبق رابطه ۲ برابر است با $S_{LV}\cos\theta$ و چون سطح ستون مایع به مقدار $2\pi r$ با جدار ظرف در تماس است. پس $W = 2\pi r S_{LV}\cos\theta$

روش دوم:

$$W = mg = V\rho g = \pi r^2 h\rho g$$

پس خواهیم داشت:

$$\pi r^2 h\rho g = 2\pi r S_{LV}\cos\theta \Rightarrow S_{LV} = \frac{\rho rhg}{2\cos\theta}$$ (رابطه ۳)

در مورد آب θ بسیار کوچک است ($\theta \approx 8°$) پس $\cos\theta \approx 1$ و همینطور $\rho \approx 1 {gr}/{cm^3}$ پس داریم:

$$S_{LV} = \frac{rhg}{2}$$ (رابطه ٤)

شرح آزمایش: با توجه به توضیحات داده شده در تئوری آزمایش، هدف از این آزمایش بدست آوردن S_{LV} به کمک رابطه ٤ است.

برای این منظور باید r و h را داشته باشیم. و در این آزمایش ما برای دو لوله مختلف r و h را بوسیله کاتتومتر حساب میکنیم.

برای محاسبه h برای دقت بیشتر یک میخ را نزدیم سر لوله مویین بطور برعکس می‌بندیم و لوله را تا جایی داخل آب فرو می‌بریم که نوک میخ، مماس بر سطح آب باشد. یعنی نوک میخ و تصویرش در سطح آب بر هم منطبق باشند. حال با کاتتومتر، h_1 را که ارتفاع آب در لوله مویین است اندازه میگیریم. با توجه به این که چون در میکروسکپ جسم باید در فاصله کانونی باشد، جسم را در فاصله حدودا ۵ سانتی‌متری کاتتومتر قرار می‌دهیم.

حال بشر آب را بدون دست زدن به لوله مویین از زیر لوله برداشته و h_2 که ارتفاع میخ است را اندازه می گیریم. ارتفاع آب بالا رفته ، $h=h_1-h_2$ است.

در ضمن کاتتومتری که ما استفاده می‌کنیم، یک میکروسکوپ است و در آن بوسیله ۳ پیچ، تصویر مناسب را انتخاب می‌کنیم. یک پیچ مخصوص تغییر ارتفاع است (تغییرات کوچک). پیچ دیگر مخصوص وضوح تصویر و پیچ سوم برای وضوح مگسک $\oplus$ شکل است.

برای محاسبه r لوله را بطور افقی در آورده و بوسیله کاتتومتر h'_1 و h'_2 را که بترتیب ارتفاع بالا و پایین منفذ لوله هستند را اندازه میگیریم. بنابر این خواهیم داشت : $r = \frac{h_1' - h_2'}{2}$

محاسبات: برای لوله اول:

$$\left.\begin{array}{l} h_1 = 168.80mm \\ h_2 = 106.80mm \end{array}\right\} \Rightarrow h = 62.00mm = 6.2cm$$

$$\left.\begin{array}{l} h_1' = 110.22mm \\ h_2' = 109.74mm \end{array}\right\} \Rightarrow r = 0.24mm = 0.024cm$$

$$\Rightarrow S_{LV} = \frac{rhg}{2} = \frac{0.024 \times 6.2 \times 979.44}{2} = 72.8703 dyne$$

برای لوله دوم:

$$\left.\begin{array}{l} h_1 = 136.32mm \\ h_2 = 107.06mm \end{array}\right\} \Rightarrow h = 29.26mm = 2.926cm$$

$$\left.\begin{array}{l} h_1' = 108.70mm \\ h_2' = 107.76mm \end{array}\right\} \Rightarrow r = 0.47mm = 0.047cm$$

$$\Rightarrow S_{LV} = \frac{rhg}{2} = \frac{0.047 \times 2.926 \times 979.44}{2} = 67.3472 dyne$$

خواسته‌ها:

خطای نسبی و مطلق آزمایش را با استفاده از رابطه ٤ و روش مشتقات جزیی بدست آورید؛

با توجه به اینکه دقت اعداد اندازه‌گیری شده برابر نصف دقت وسیله است:

$$\Delta h_1 = \Delta h_2 = \Delta h_1' = \Delta h_2' = \frac{1/_{50}\, mm}{2} = 0.01mm$$

$$h = h_1 - h_2 \Rightarrow \Delta h = \Delta h_1 + |-1| \Delta h_2 = 0.01 + 0.01 = 0.02mm = 0.002cm$$

$$r = \frac{h_1' - h_2'}{2} \Rightarrow \Delta r = \frac{1}{2}(\Delta h_1' + |-1| \Delta h_2') = \frac{1}{2}(0.01 + 0.01) = 0.01mm = 0.001cm$$

$$\Delta g = 0.001 \, {cm}/{s^2}$$

$$S_{LV} = \frac{rhg}{2} \Rightarrow dS_{LV} = \frac{hg \cdot dr + rg \cdot dh + rh \cdot dg}{2}$$

برای لوله اول:

$$\Delta S_{LV} = \frac{1}{2}(0.001\times 6.2\times 979.44 + 0.002\times 0.024\times 979.44 + 0.001\times 6.2\times 0.024) = 3.0598 dyne$$

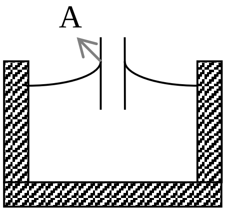
$$\frac{\Delta S_{LV}}{S} = 0.042, S_{LV} = 73 \pm 3 dyne$$

برای لوله دوم:

$$\Delta S_{LV} = \frac{1}{2}(0.001\times 2.926\times 979.44 + 0.002\times 0.047\times 979.44 + 0.001\times 2.926\times 0.047) = 1.479 dyne$$

$$\frac{\Delta S_{LV}}{S} = 0.022, S_{LV} = 67 \pm 1 dyne$$

علت استفاده از چوب کبریت چیست؟



اگر از چوب کبریت استفاده نکنیم و میخ به جدار خارجی لوله مویین نزدیک باشد، نوک میخ سطح آب را نشان نمیدهد زیرا در نزدیکی لوله (دور تا دور جدار خارجی) بدلیل کشش سطحی سطح آب کمی بالاتر از سطح آب در ظرف است. در شکل مشاهده می‌شود که ارتفاع نقطه A اندکی بالاتر از ارتفاع آب در ظرف است.

دقت کاتتومتر را حساب کنید؟

$$\frac{49}{50} = 0.98 \Rightarrow \text{دقت} = 1 - 0.98 = 0.02 = \frac{1}{50} mm$$

اندازه گیری گرمای نهان تبخیر

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش:

در این آزمایش می خواهیم ضریب هدایت حرارتی مس را اندازه گیری کنیم.

هدایت حرارت:

اگر دمای طرفین جسمی با هم اختلاف داشته باشد، گرما از قسمتی که دارای دمای بیشتری است به قسمتی که دمایش پایین تر می باشد منتقل می شود. اگر ضخامت جسم e باشد و دمای طرفین آن t_1, t_2 $(t_1 > t_2)$ باشد، مقدار انرژی گرمایی که در زمان θ از طرف گرم تر به طرف سرد تر منتقل می شود برابر است با:

$$Q = \frac{kS(t_1 - t_2)\theta}{e}, (H = \frac{dQ}{dt} = -kS\frac{dT}{dx})$$

که در آن S سطح مقطع جسم، k ضریب هدایت حرارتی آن است. k در دستگاه cgs بر حسب $\frac{cal}{cm.^{\circ}C.s}$ سنجیده می شود.

شرح دستگاه:

تمام دستگاه را درون نمد قرار می دهند تا عایق بندی شده و تعادل گرمایی آن نا چیز باشد. دستگاه از یک میله مسی تو پر که قسمت اصلی دستگاه می باشد تشکیل یافته است. یک انتهای میله، لوله باریکی به شکل مارپیچ، پیچیده شده است که با وصل کردن آن به شیر آب ، آب سرد در این لوله باریک جریان پیدا می کند. در انتهای دیگر میله مسی، فضایی موجود است که بخار آب حاصل از جوشیدن آب درون ارلن مایر وارد این محفظه شده، پس از تبادل حرارتی با میله مسی از دستگاه خارج می شود. دماسنج های A و B دمای دو نقطه از میله مسی را که به فاصله e از هم قرار دارند نشان می دهند. دماسنج A به طرف گرمتر میله نزدیک تر است.

مختصری از شرح آزمایش:

بیشتر از نصف ارلن مایر را آب ریخته و آنرا روی توری قرار داده شده روی سه پایه می گذاریم و درپوش آنرا محکم می بندیم. حال چراغ را روشن کرده و زیر ارلن مایر قرار می دهیم. شعله را طوری تنظیم می کنیم که گرما به طور یکنواخت به ارلن مایر برسد. کمی صبر می کنیم تا آب به جوش آید و بخار حاصل از دستگاه خارج

گردد. در این حال شیر آب را به آرامی باز می کنیم و دقت می کنیم جریان آب به طور یکنواخت و با دبی کم از دستگاه خارج شود. ارلن مایر را یکنواخت گرم می کنیم تا همواره بخار آب از دستگاه خارج شود. حال تقریبا دو دقیقه یک بار دمای دماسنج ها را یادداشت می کنیم و اختلاف دمای دماسنجهای A و B و اختلاف دمای دماسنجهای C و D را یادداشت می کنیم و این کار را ادامه می دهیم تا این اختلافات ثابت شود (و نه لزوما برابر. تا ۰٫۱ درجه اختلاف کافی است) . در چنین حالتی دمای دماسنجهای A و B و C و D را یادداشت می کنیم و بلافاصله بشر را زیر لوله

خروجی آب قرار می دهیم و مقدار آبی که در زمان معین θ (اینجا ۱ دقیقه) از آن خارج می گردد را جمع آوری کرده و وزن می کنیم. چون دستگاه را ایزوله فرض نموده ایم، مقدار گرمایی که در زمان θ از نقطه A به نقطه B رسیده است، صرف گرم شدن آبی شده که در این مدت از لوله مارپیچی عبور کرده و در بشر جمع آوری شده است. اگر درجه دماسنج های A و B را به ترتیب T_B, T_A قرار دهیم، حرارت هدایت شده توسط لوله مسی از نقطه A به نقطه B برابر است با:

$$Q_1 = kS\frac{(T_A - T_B)\theta}{e}$$

و اگر درجه حرارت دماسنج های C و D را به ترتیب با t_D, t_C نشان دهیم، مقدار حرارتی که صرف گرم شدن آب جاری شده برابر است با :

$$Q_2 = mc(T_C - T_D)$$

لذا بنا بر تعادل حرارتی : $Q_1 = Q_2$:

$$kS\frac{(T_A - T_B)\theta}{e} = mc(T_C - T_D)$$

از طرفی داریم:

$$d = 3.8cm, e = 10.35cm, c = 1\,{}^{cal}\!/_{gr.^\circ C}$$

که در آن d قطر میله مسی، e ضخامت لوله و c گرمای ویژه آب می باشد.

این آزمایش را با سه دبی مختلف (هر دفعه دبی را زیاد می کنیم) انجام می دهیم و برای هر دفعه k را محاسبه می کنیم.

محاسبه k :

در آزمایش اول داده های زیر بدست آمد:

TA(c)	TB(c)	TC(c)	TD(c)	TA-TB	TC-TD
77	58	35	21.5	19	13.5

78.8	54.2	32.1	21	24.6	11.1
78.1	52.2	31.6	21	25.9	10.6
77.6	51.6	30.7	20.6	26	10.1
77.4	51.2	31.1	20.5	26.2	10.6
77.2	50.9	30.3	20.2	26.3	10.1
77	50.8	30.1	20	26.2	10.1
76.8	50.4	30.1	20	26.4	10.1
76.8	50.5	30	19.9	26.3	10.1
76.7	50.4	29.8	19.7	26.3	10.1

و مقدار آب جمع آوری شده توسط بشر $m_1 = 159.4gr$ بدست آمده است.

$$kS\frac{(T_A - T_B)\theta}{e} = mc(T_C - T_D)$$

$$\Rightarrow k = \frac{mc(T_C - T_D)e}{S(T_A - T_B)\theta}, S = \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4}(3.8)^2 = 11.3411cm^2$$

حال k_1 (ضریب بدست آمده برای آزمایش اول) را بدست می آوریم:

$$k_1 = \frac{m_1 c(T_C - T_D)e}{S(T_A - T_B)\theta}, m_1 = 159.4gr, \theta = 60s, S = 11.3411cm^2$$

$$\Rightarrow k_1 = \frac{159.4\times1\times10.1\times10.35}{11.3411\times26.3\times60} = 0.931082\frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

در آزمایش دوم داده های زیر بدست آمد:

TA(c)	TB(c)	TC(c)	TD(c)	TA-TB	TC-TD
76	48.4	25.2	18.7	27.6	6.5
75.7	48	25	18.5	27.7	6.5
75.6	47.9	24.9	18.4	27.7	6.5

که k_2 را به همان روش قبل بدست می آوریم و داریم:

$$k_2 = \frac{m_2 c(T_C - T_D)e}{S(T_A - T_B)\theta}, m_2 = 271.3gr, \theta = 60s, S = 11.3411cm^2$$

$$\Rightarrow k_2 = \frac{271.3\times1\times6.5\times10.35}{11.3411\times27.7\times60} = 0.968316\frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

در آزمایش سوم داده های زیر بدست آمد:

TA(c)	TB(c)	TC(c)	TD(c)	TA-TB	TC-TD
75.5	47.1	22.1	17.6	28.4	4.5
75.1	46	21.7	17.4	29.1	4.3
74.8	45.5	21.5	17.3	29.3	4.2
74.6	45.3	21.5	17.3	29.3	4.2
74.5	45.2	21.4	17.2	29.3	4.2

که k_3 را بدست می آوریم:

$$k_3 = \frac{m_3 c(T_C - T_D)e}{S(T_A - T_B)\theta}, m_3 = 455.3gr, \theta = 60s, S = 11.3411cm^2$$

$$\Rightarrow k_3 = \frac{455.3 \times 1 \times 4.2 \times 10.35}{11.3411 \times 29.3 \times 60} = 0.992689 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

پس در یک جمع بندی داریم:

$$k_1 = 0.931082 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

$$k_2 = 0.968316 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

$$k_3 = 0.992689 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

محاسبه میانگین و خطای میانگین و تصحیح ارقام کمیت ها:

برای بدست آوردن $\bar{\bar{k}}$ داریم:

$$\bar{\bar{k}} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = \frac{0.931082 + 0.968316 + 0.992689}{3} = 0.964029 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

حال برای محاسبه خطای میانگین (σ) از واریانس استفاده می کنیم:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^2, d_i = k_i - \bar{\bar{k}}$$

$$\Rightarrow \sigma^2 = \frac{1}{3}(0.001086 + 1.84 \times 10^{-5} + 0.000821)$$

$$\Rightarrow \sigma = 0.025333 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

بنا بر این:

$$\bar{\bar{k}} = 0.96 \pm 0.03 \frac{\text{cal}}{\text{cm.}^\circ C.s}$$

محاسبه خطای نسبی و مطلق کمیت ها از طریق روش دیفرانسیل لگاریتمی:

می توان k را تابعی از متغیر های : $m, T_A, T_B, T_C, T_D, \theta$ در نظر گرفت، بنا براین:

$$k = f(m, T_A, T_B, T_C, T_D, \theta)$$

$$\Rightarrow \log k = \log f(m, T_A, T_B, T_C, T_D, \theta)$$

$$\Rightarrow \frac{dk}{k} = \frac{\frac{\partial k}{\partial m}dm + \frac{\partial k}{\partial T_A}dT_A + \frac{\partial k}{\partial T_B}dT_B + \frac{\partial k}{\partial T_C}dT_C + \frac{\partial k}{\partial T_D}dT_D + \frac{\partial k}{\partial \theta}d\theta}{k}$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k}{k}\right| = \frac{\left|\frac{\partial k}{\partial m}\Delta m\right| + \left|\frac{\partial k}{\partial T_A}\Delta T_A\right| + \left|\frac{\partial k}{\partial T_B}\Delta T_B\right| + \left|\frac{\partial k}{\partial T_C}\Delta T_C\right| + \left|\frac{\partial k}{\partial T_D}\Delta T_D\right| + \left|\frac{\partial k}{\partial \theta}\Delta \theta\right|}{|k|}$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k}{k}\right| = \left|\frac{c.e.(T_C - T_D)}{k.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta m\right| + \left|\frac{-c.e.m.(T_C - T_D)}{k.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_A\right| + \left|\frac{c.e.m.(T_C - T_D)}{k.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_B\right| +$$
$$\left|\frac{c.e.m}{k.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_C\right| + \left|\frac{-c.e.m}{k.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_D\right| + \left|\frac{-c.e.m.(T_C - T_D)}{k.S.(T_A - T_B).\theta^2}\Delta \theta\right|$$

و از طرفی :

$$\Delta m = \frac{0.1}{2} = 0.05gr$$

$$\Delta T_{A,B,CD} = \frac{0.1}{2} = 0.05^\circ C$$

$$\Delta \theta = \frac{1}{2} = 0.5s$$

حال خطای k_1, k_2, k_3 را محاسبه می کنیم:

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_1}{k_1}\right| = \left|\frac{c.e.(T_C - T_D)}{k_1.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta m\right| + \left|\frac{-c.e.m_1.(T_C - T_D)}{k_1.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_A\right| + \left|\frac{c.e.m_1.(T_C - T_D)}{k_1.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_B\right| +$$
$$\left|\frac{c.e.m_1}{k_1.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_C\right| + \left|\frac{-c.e.m_1}{k_1.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_D\right| + \left|\frac{-c.e.m_1.(T_C - T_D)}{k_1.S.(T_A - T_B).\theta^2}\Delta \theta\right|$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_1}{k_1}\right| = |0.00627352 \times 0.05| + |-0.0380228 \times 0.05| + |0.0380228 \times 0.05| +$$
$$|0.0990099 \times 0.05| + |-0.0990099 \times 0.05| + |-0.0166667 \times 0.5|$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_1}{k_1}\right| = 0.0223503$$

$$\Rightarrow \Delta \mathrm{k}_1 = 0.0223503 \times 0.931082 = 0.02081 \frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{cm.}^\circ C.s}$$

بنابر این:

$$k_1 = 0.93 \pm 0.02 \frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{cm.}^\circ C.s}$$

و برای k_2 داریم:

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_2}{k_2}\right| = \left|\frac{c.e.(T_C - T_D)}{k_2.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta m\right| + \left|\frac{-c.e.m_2.(T_C - T_D)}{k_2.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_A\right| + \left|\frac{c.e.m_2.(T_C - T_D)}{k_2.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_B\right| +$$

$$\left|\frac{c.e.m_2}{k_2.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_C\right| + \left|\frac{-c.e.m_2}{k_2.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_D\right| + \left|\frac{-c.e.m_2.(T_C - T_D)}{k_2.S.(T_A - T_B).\theta^2}\Delta\theta\right|$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_2}{k_2}\right| = |0.00368596 \times 0.05| + |-0.0361011 \times 0.05| + |0.0361011 \times 0.05| +$$

$$|0.153846 \times 0.05| + |-0.153846 \times 0.05| + |-0.0166667 \times 0.5|$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_2}{k_2}\right| = 0.0275124$$

$$\Rightarrow \Delta \mathrm{k}_2 = 0.0275124 \times 0.968316 = 0.0266407 \frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{cm}.^\circ C.s}$$

بنا بر این:

$$k_2 = 0.97 \pm 0.03 \frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{cm}.^\circ C.s}$$

و برای k_3 داریم:

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_3}{k_3}\right| = \left|\frac{c.e.(T_C - T_D)}{k_3.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta m\right| + \left|\frac{-c.e.m_3.(T_C - T_D)}{k_3.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_A\right| + \left|\frac{c.e.m_3.(T_C - T_D)}{k_3.S.(T_A - T_B)^2.\theta}\Delta T_B\right| +$$

$$\left|\frac{c.e.m_3}{k_3.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_C\right| + \left|\frac{-c.e.m_3}{k_3.S.(T_A - T_B).\theta}\Delta T_D\right| + \left|\frac{-c.e.m_3.(T_C - T_D)}{k_3.S.(T_A - T_B).\theta^2}\Delta\theta\right|$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_3}{k_3}\right| = |0.00225164 \times 0.05| + |-0.0349888 \times 0.05| + |0.0349888 \times 0.05| +$$

$$|0.244088 \times 0.05| + |-0.244088 \times 0.05| + |-0.0170862 \times 0.5|$$

$$\Rightarrow \left|\frac{\Delta k_3}{k_3}\right| = 0.0365634$$

$$\Rightarrow \Delta \mathrm{k}_3 = 0.0365634 \times 0.992689 = 0.0362961 \frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{cm}.^\circ C.s}$$

بنابر این:

$$k_3 = 0.99 \pm 0.04 \frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{cm}.^\circ C.s}$$

اندازه گیری ضریب ویسکوزیته

Shimiomd.blog.ir

مختصری از تئوری آزمایش:

لوازم آزمایش:لوله شیشه ای محتوی گیلیسیرین سوارشده بر سه پایه . زمان سنج ساچمه های فولادی خط کش و ریز سنج

تعریف ویسکوزیته : اگر سیالی در امتدادی در حرکت باشد لایه های مختلف سیال باسرعت های متفاوت حرکت می نمایند این حرکت ناپایدار است. وسریعا سرعت ها متعادل می گردند به عبارت دیگر قشرهایی که کندتر حرکت می کنند تندتر ولایه هایی که تندتر در حرکت هستند کندتر می شوند این پدیده را اصطکاک داخلی یا ویسکوزیته گویند.

اگردرامتداد محور yعمود برمسیر حرکت سیال دو نقطه نزدیک به هم به فاصله dy در نظر میگیریم. سرعت جریان سیال از یکی از این دو نقطه تا نقطه ی دیگر به اندازه dv تغییر میکند. اگر در لحظه ای عوامل ایجاد حرکت سیال را حذف نماییم سرعت لایه های مختلف شروع به تعادل میکند. برای این حالت باید نیروی اصطکاک داخلی بین قشرهای داخلی سیال وجود داشته باشد. مقدار این نیرو برای واحد سطح لایه متناسب است با گرادیان سرعت یعنی:

$$\frac{F}{s} = -\eta \frac{dv}{dy}$$

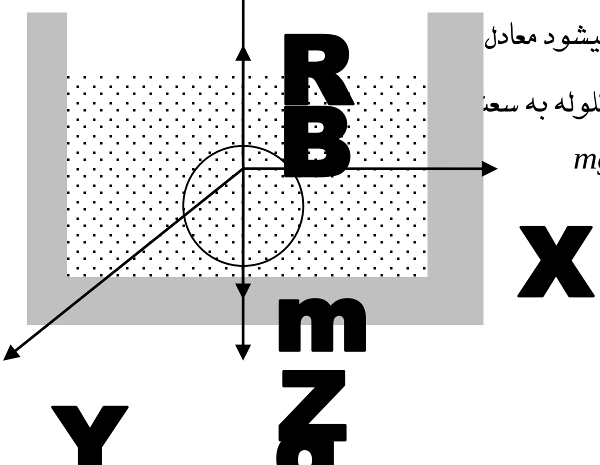
تصویر این رابطه بر روی محور x به صورت زیر است: $\frac{F}{s} = -\eta \frac{dv}{dy} \Rightarrow \eta = -\frac{F/s}{dv/dy}$

ضریب η را ضریب ویسکوزیته می نامند.

قانون استوکس: یکی از طرق اندازه گیری ضریب ویسکوزیته هرگاه کره کوچکی به شعاع r داخل مایع سقوط کند نیروی اصطکاک r که سبب کندی حرکت آن میشود معادل

طبق شکل این رابطه برقرار است وقتی گلوله به سعـ

$$mg - B - R = 0$$



اگر حجم گلوله V جرم مخصوص گلوله و مایع d و d’ باشد میتوان رابطه را به صورت زیر نوشت:

$$Vdg - Vd'g - 6\pi\eta r v' = 0$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(d - d') = 6\pi\eta r v'$$

$$\eta = \frac{2r^2(d - d')g}{9v'}$$

اگر گلوله مسافت l با سرعت v' در زمان t طی کرده باشد:

$$v' = \frac{l}{t}$$

$$r^2 = \frac{9\eta l}{2g(d - d')} \times \frac{1}{t}$$

$$y = \alpha x$$

اگر آزمایش را با گلوله های مختلف انجام دهیم و منحنی r^2 را نسبت به 1/t خط مستقیم به دست می اید که ضریب زاویه ای خط عبارت است از: $\alpha = \frac{9\eta l}{2g(d - d')}$

با داشتن d', d, g, l, α می توان η را بدست آورد.

شرح آزمایش:

ابتدا قطر گلوله ها را اندازه گیری می کنیم. برای این آزمایش داده های زیر بدست آمد.

تذکر می دهیم که در ابتدا انحراف از مبدا ریز سنج 0.03mm- می باشد. که داده های جدول زیر با اعمال این انحراف می باشد.

D(mm)
6.32
6.34
5.51
6.28
2.96
4.71
4.69

حال تک تک ، گلوله ها را از بالای لوله به داخل مایع می اندازیم و زمان بین دو نقطه معین را اندازه گیری می کنیم. این فاصله در این آزمایش $l = 501mm$ می باشد. زمانهای لازم برای هر کدام از این گلوله ها به شرح زیر می باشد.

D(mm)	t(s)
6.29	3
6.31	2.9
5.48	3.35
6.25	3.1
2.93	10.3
4.68	4.5
4.66	4.6

برای بدست آوردن معادله خط جدولی در دستگاه C.G.S تهیه می کنیم. با استفاده از این جدول معادله تغییرات r^2 بر حسب $\frac{1}{t}$ به کمک روش حداقل مربعات مانده ها و در حالتی که خط از مبدا می گذرد، محاسبه می نماییم. معادله خط بدست آمده رسم می کنیم. و همینطور با توجه به روابط بالا η را محاسبه می کنیم.

l(cm)	r(cm)	t(s)	r^2(cm^2)	1/t(1/s)
50.1	0.0316	3	0.000999	0.333333
50.1	0.0317	2.9	0.001005	0.344828
50.1	0.02755	3.35	0.000759	0.298507
50.1	0.0314	3.1	0.000986	0.322581
50.1	0.0148	10.3	0.000219	0.097087
50.1	0.02355	4.5	0.000555	0.222222
50.1	0.02345	4.6	0.00055	0.217391

تغییر متغییر های زیر را انجام می دهیم:

$$r^2 \to y$$

$$\frac{1}{t} \to x$$

$$\frac{9\eta l}{2g(d-d')} \to A$$

$$\Rightarrow$$

$$y = Ax$$

$$\Rightarrow$$

$$A = \frac{[xy]}{[xx]}$$

که با توجه به تغییر متغییرهای بالا داریم:

x	y	xx	xy
0.333333	0.000999	0.111111	0.000333

0.344828	0.001005	0.118906	0.000347
0.298507	0.000759	0.089107	0.000227
0.322581	0.000986	0.104058	0.000318
0.097087	0.000219	0.009426	2.13E-05
0.222222	0.000555	0.049383	0.000123
0.217391	0.00055	0.047259	0.00012
sum 1.83595		sum	sum
		0.52925	0.001488

پس:

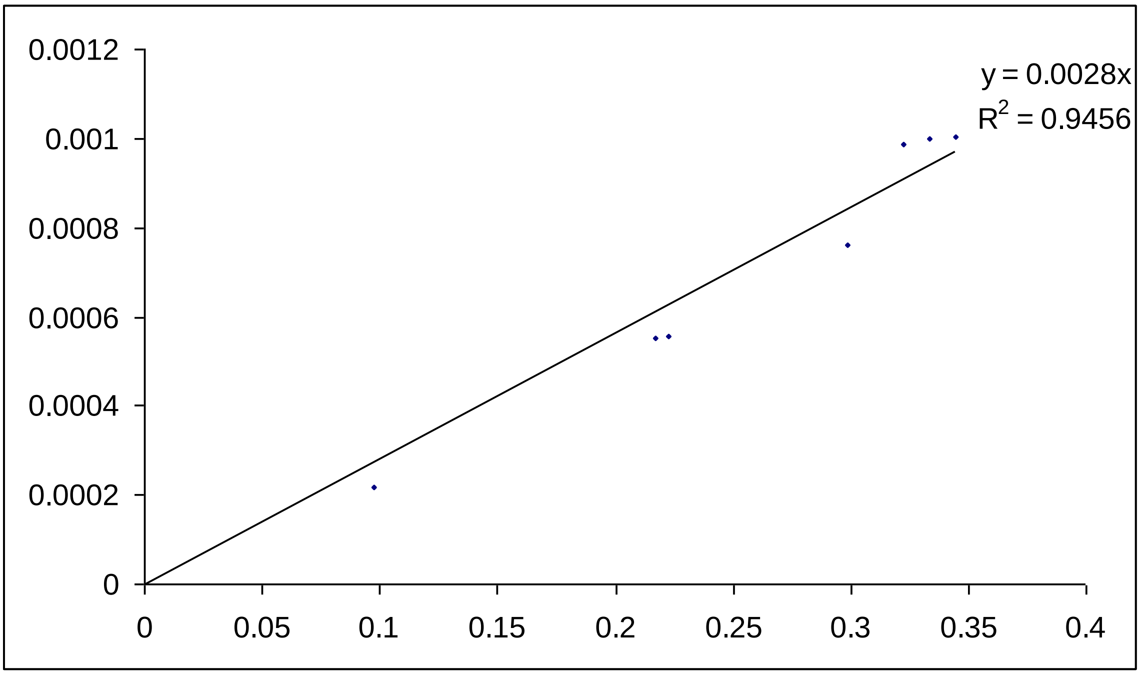
$$A=\frac{0.001488}{0.52925}=0.002811525744cm^2.s$$

پس داریم:

$$A=\frac{9\eta l}{2g(d-d')}$$

$$\Rightarrow$$

$$\eta=\frac{2Ag(d-d')}{9l}=\frac{2\times 0.002811525744\times 979.44\times(7.600-1.293)}{9\times 50.1}=0.07703578144\frac{dyne-s}{cm^2}$$



خواسته:

خطای η را محاسبه می کنیم.

می توان برای بدست آوردن خطای η از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\Delta\eta=\frac{2g(d-d')}{9l}\Delta A$$

خطای A را $\alpha_A = \Delta A$ می نامیم.

$$\alpha^2 = \frac{[dd]}{N-2}$$

d	dd
-6.13848E-05	3.76809E-09
-3.53984E-05	1.25304E-09
8.02589E-05	6.44149E-09
-7.90162E-05	6.24356E-09
5.39237E-05	2.90776E-09
7.0181E-05	4.92537E-09
6.12987E-05	3.75754E-09
	sum
	2.92969E-08

$$\alpha^2 = \frac{2.92969\times10^{-8}}{7-2} = 5.85938\times10^{-8}$$

$$\Rightarrow$$

$$\alpha = 7.654658712\times10^{-5}$$

برای بدست آوردن α_A داریم:

$$\frac{a_A^2}{N} = \frac{\alpha^2}{\Delta}$$

که در آن :

$$\Delta = [xx]\times N - [x]^2$$

$$\Rightarrow$$

$$\Delta = 0.52925\times 7 - 1.83595^2 = 0.3340375975$$

پس:

$$\alpha_A = \sqrt{\frac{\alpha^2 N}{\Delta}} = 3.504105526\times10^{-4}\,cm^2.s$$

حال اگر خطای η را $\Delta\eta$ بنامیم داریم:

$$\Delta\eta = \frac{2g(d-d')}{9l}\alpha_A = 9.601246157\times10^{-3}\,\frac{dyne-s}{cm^2}$$

پس:

$$\eta = 0.080 \pm 0.010\,\frac{dyne-s}{cm^2}$$

خواسته:

: علت رها کردن گلوله از نزدیکی سطح مایع چیست ؟

به این دلیل که سرعت اولیه نداشته باشد و ما مطمئن باشیم از نقطه انتخابی ما به سرعت حد رسیده باشد.