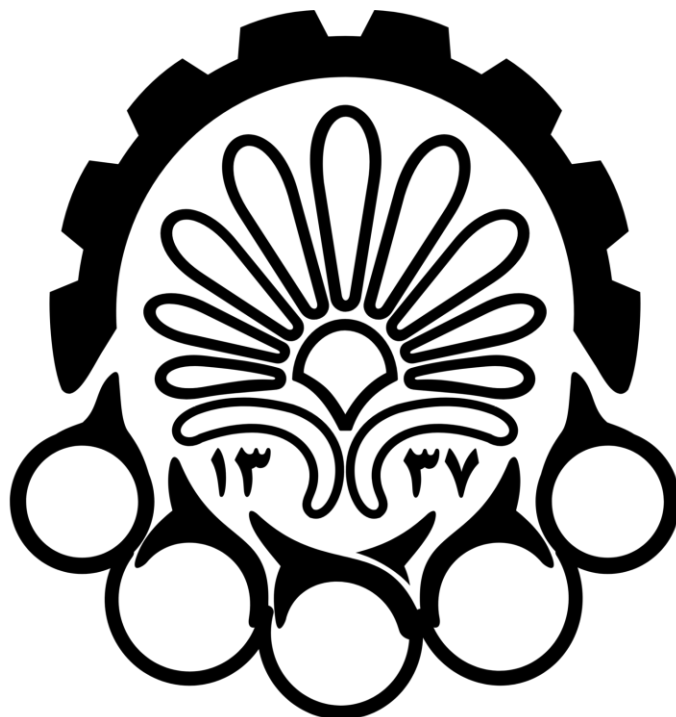


به نام خدا

گزارش کار آزمایشگاه فیزیک 3



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

موضوع: قانون سرمایه‌ش نیوتن

استاد: سرکار خانم حسینی

معراج لطفی

هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش، تعیین ظرفیت گرمایی یک مایع (در این آزمایش روغن) به روش سرد شدن و با استفاده از قانون سرمایش نیوتن

کمیت ها و واحد ها

$$c = \left[\frac{J}{Kg.K} \right]$$

دیمانسیون

$$c = \frac{A\Delta T}{m} \frac{dt}{dQ} \rightarrow [L]^2 [T]^{-2} [\Theta]^{-1}$$

تئوری آزمایش

این قانون رابطه ای میان آهنگ سرد شدن مایع و اختلاف دمای مایع و محیط را بیان میکند. طبق این رابطه، هرچه اختلاف دمای مایع و محیط بیشتر باشد، آهنگ سرد شدن مایع سریعتر خواهد بود. با استفاده از این رابطه میتوان ظرفیت گرمایی مایع را محاسبه کرد.

$$A\Delta T = mc \frac{dQ}{dt}$$

m جرم مایع با یکای کیلوگرم

C ظرفیت گرمایی ویژه مایع با یکای ژول بر کیلوگرم کلون

Q با یکای ژول

t با یکای ثانیه

T با یکای کلون

A ثابتی مثبت با یکای ژول بر ثانیه کلون

$$\frac{dQ}{dt} = mc \frac{dT}{dt} \rightarrow A\Delta T = mc \frac{dT}{dt} \rightarrow A dt = mc \frac{dT}{\Delta T}$$

انتگرال میگیریم:

$$At = mclnT$$

رابطه بالا را برای آب و روغن مینویسیم:

$$At_w = m_w c_w lnT$$

$$At_o = m_o c_o lnT$$

$$c_o = \frac{m_w t_o}{m_o t_w} c_w$$

با رابطه بالا ظرفیت گرمایی روغن محاسبه میشود.

شرح آزمایش

برای انجام این آزمایش، ابتدا از دو لوله شبیه به هم استفاده میکنیم که در ابتدا باید جرم آنها را تعیین کنیم. در یکی از لوله ها آب میریزیم و در لوله دیگر روغن میریزیم به طوری که سطح مایع در هر دو لوله در ارتفاع یکسانی قرار داشته باشد در نتیجه حجم ها یکسان خواهد شد. جرم لوله های پر شده با آب و روغن را اندازه میگیریم. یک ظرف آب را تا نقطه جوش گرم میکنیم و بعد لوله های آب و روغن را به طوری درون آن قرار میدهم که سطح آب و روغن درون لوله، پایینتر از آب جوش قرار بگیرد. با استفاده از دماسنج دمای آب و روغن درون لوله را اندازه میگیریم و بعد در یک دمای یکسان دو لوله را از آب جوش بیرون می آوریم و به آنها اجازه میدهم که سرد

شوند و با استفاده از زمان سنج، دمای آب و روغن را در فاصله های زمانی معین اندازه میگیریم و ثبت میکنیم. با استفاده از رابطه بالا، ظرفیت گرمایی ویژه روغن را محاسبه میکنیم. نکته ای که باید به آن دقت کنیم این است که باید از یک دمای اولیه یکسان برای آب و روغن اندازه گیری را شروع کنیم و زمان رسیدن به یک دمای معین را برای آب و روغن را اندازه بگیریم. (اختلاف دما هم برای آب و هم برای روغن باید یکسان باشد.)

محاسبات و خطا گیری

زمان	دمای روغن	دمای آب
1	65	68
2	59	64
3	54	61
4	50	58
5	47	55
6	45	53
7	43	51
8	41	49
9	39	47
10	37	46
12	35	43
14	34	41
16	32	39
18	30	37
20	29	34

دمای شروع را 65 در نظر میگیریم (64 برای آب) و دمای پایان را 34 در نظر میگیریم:

$$t_o = 14 \text{ min}, \quad m_o = 14.8g$$

$$t_w = 19 \text{ min}, \quad m_w = 15.9g$$

$$c_o = \frac{m_w t_o}{m_o t_w} c_w \rightarrow c_o = \frac{15.9 \times 14}{14.8 \times 19} \times 4184 \approx 3310 \frac{J}{Kg.K}$$

دمای شروع را 43 در نظر میگیریم و دمای پایان را 39 در نظر میگیریم:

$$t_o = 2 \text{ min}, \quad m_o = 14.8g$$

$$t_w = 4 \text{ min}, \quad m_w = 15.9g$$

$$c_o = \frac{m_w t_o}{m_o t_w} c_w \rightarrow c_o = \frac{15.9 \times 2}{14.8 \times 4} \times 4184 \approx 2249 \frac{J}{Kg.K}$$

دمای شروع را 47 در نظر میگیریم و دمای پایان را 34 در نظر میگیریم:

$$t_o = 9 \text{ min}, \quad m_o = 14.8g$$

$$t_w = 11 \text{ min}, \quad m_w = 15.9g$$

$$c_o = \frac{m_w t_o}{m_o t_w} c_w \rightarrow c_o = \frac{15.9 \times 9}{14.8 \times 11} \times 4184 \approx 3680 \frac{J}{Kg.K}$$

خطای مطلق

$$\Delta x_i = |x_{avg} - x_i|$$

$$x_{avg} = 3080 \frac{J}{Kg.K}$$

$$\Delta x_1 = |3080 - 3310| = 230 \frac{J}{Kg.K}$$

$$\Delta x_2 = |3080 - 2249| = 830 \frac{J}{Kg.K}$$

$$\Delta x_3 = |3080 - 3680| = 600 \frac{J}{Kg.K}$$

خطای نسبی

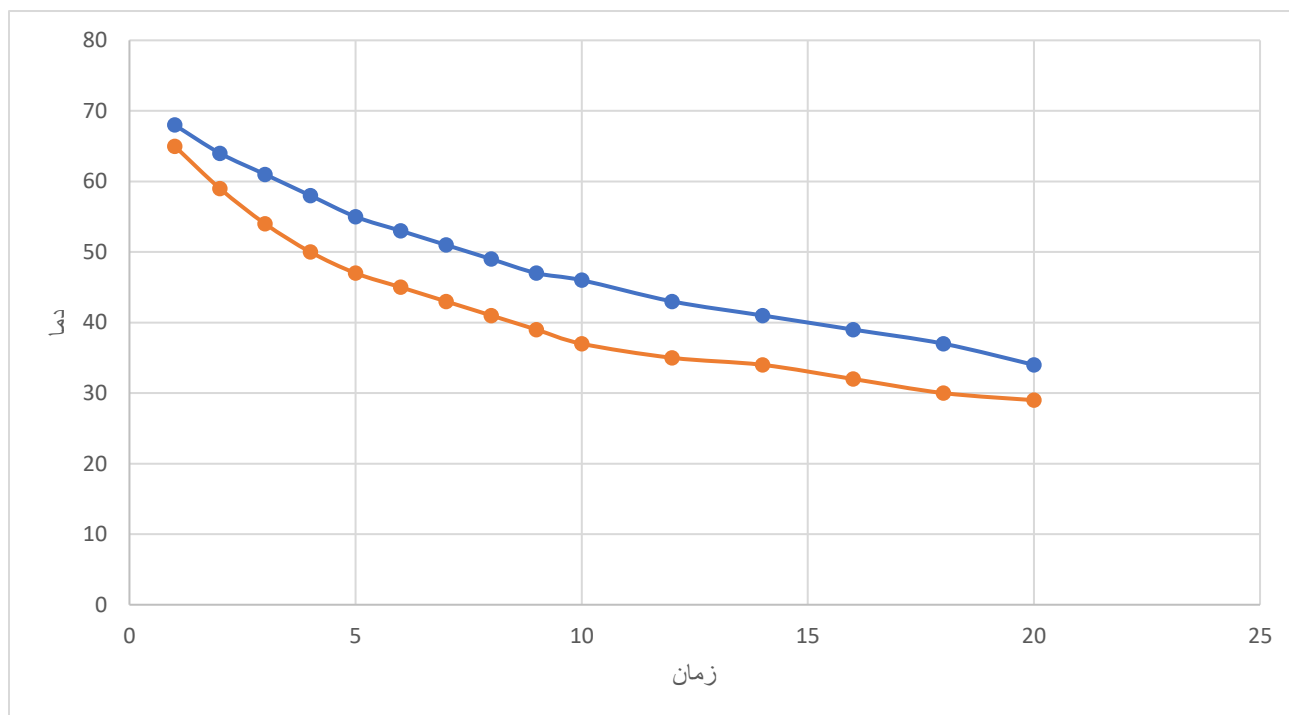
$$E = \frac{\Delta x_i}{x_{avg}}$$

$$E_1 = \frac{\Delta x_1}{x_{avg}} = \frac{230}{3080} = 0.074$$

$$E_2 = \frac{\Delta x_2}{x_{avg}} = \frac{830}{3080} = 0.269$$

$$E_3 = \frac{\Delta x_3}{x_{avg}} = \frac{600}{3080} = 0.194$$

نمودار



منحنی ای که بالاتر قرار دارد برای آب است، آب بیشترین ظرفیت گرمایی را میان مایعات دارد و با آهنگ کمتری دمای خود را از دست میدهد (هنگام شروع از دمای یکسان)

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_o = \left(\frac{dQ}{dt}\right)_w$$

$$m_w c_w \left(\frac{dT}{dt}\right)_w = m_o c_o \left(\frac{dT}{dt}\right)_o$$

با استفاده از نمودار و رابطه بالا نیز میتوان ظرفیت گرمایی روغن را بدست آورد. در یک دمای مشخص، شیب نمودار را محاسبه میکنیم و در رابطه بالا قرار میدهیم.

در دمای 60 درجه:

$$\left(\frac{dT}{dt}\right)_w \approx \frac{61 - 64}{3 - 2} = -3 \quad \left(\frac{dT}{dt}\right)_o \approx \frac{59 - 65}{2 - 1} = -6$$

$$m_w c_w \left(\frac{dT}{dt}\right)_w = m_o c_o \left(\frac{dT}{dt}\right)_o \rightarrow 15.9 \times 4184 \times 3 = 14.8 \times c_o \times 6$$

$$c_o = 2248 \frac{J}{Kg.K}$$

در دمای 50 درجه:

$$\left(\frac{dT}{dt}\right)_w \approx \frac{55 - 58}{5 - 4} = -3 \quad \left(\frac{dT}{dt}\right)_o \approx \frac{50 - 54}{4 - 3} = -4$$

$$m_w c_w \left(\frac{dT}{dt}\right)_w = m_o c_o \left(\frac{dT}{dt}\right)_o \rightarrow 15.9 \times 4184 \times 3 = 14.8 \times c_o \times 4$$

$$c_o = 3371 \frac{J}{Kg.K}$$

در دمای 40 درجه:

$$\left(\frac{dT}{dt}\right)_w \approx \frac{41 - 43}{14 - 12} = -1 \quad \left(\frac{dT}{dt}\right)_o \approx \frac{39 - 41}{9 - 8} = -2$$

$$m_w c_w \left(\frac{dT}{dt}\right)_w = m_o c_o \left(\frac{dT}{dt}\right)_o \rightarrow 15.9 \times 4184 \times 1 = 14.8 \times c_o \times 2$$

$$c_o = 2247 \frac{J}{Kg.K}$$

خطای مطلق برای محاسبات نمودار

$$\Delta x_i = |x_{avg} - x_i|$$

$$x_{avg} = 2622 \frac{J}{Kg.K}$$

$$\Delta x_1 = |2622 - 2248| = 374 \frac{J}{Kg.K}$$

$$\Delta x_2 = |2622 - 3371| = 749 \frac{J}{Kg.K}$$

$$\Delta x_3 = |2622 - 2247| = 375 \frac{J}{Kg.K}$$

خطای نسبی برای محاسبات نمودار

$$E = \frac{\Delta x_i}{x_{avg}}$$

$$E_1 = \frac{\Delta x_1}{x_{avg}} = \frac{374}{2622} = 0.142$$

$$E_2 = \frac{\Delta x_2}{x_{avg}} = \frac{749}{2622} = 0.285$$

$$E_3 = \frac{\Delta x_3}{x_{avg}} = \frac{375}{2622} = 0.143$$

نتیجه گیری و کاربرد

از قانون سرمایش نیوتن و این آزمایش نسبتاً ساده میتوان ظرفیت گرمایی مایعات را محاسبه کرد. این آزمایش به دماهای پایین محدود میشود و در دماهای خیلی بالا قابل استفاده نیست. باید توجه کرد که ممکن است دماسنج‌ها دقت کافی نداشته باشند و نتیجه با واقعیت فاصله داشته باشد.