Измерване на коефициентът на топлинно разширение на етилов спирт

Васил Николов
(Dated: 09.06.2022)

I. Експериментална установка

Установката се състои от голяма и малка колба, капилярка с диаметър $d = (1.5 \pm 0.08)\mathrm{mm}$ и термометър. Голямата колба е пълна с вода, и лужи за водна баня на малката колба, в която е сложен спирт. Така се гарантира еднаква температура на спирта в целия обем на малката колба. Когато спиртът се нагрява обемът му се увеличава. Тъй като той се разширява повече от малката колба, спиртът влиза в капилярката, където можем да измерим височината му като функция на температурата.

II. Теоретична обосновка

При увеличаване на температурата на спирт неговият обем се променя приблизително линейно, по закона

$$V(T) = V_0(1 + \lambda(T - T_0))$$

Тук V_0 е обемът на спирта при дадена температура, T_0, а λ е константа, коефициентът на топлинно разширение на спиртът.

A. Адиабатно свиване

В първата част бързо помпаме въздух в балона, и затваряме клапата между него и помпата. Тъй като процесът е бърз, то свиването е адиабатно. Нека в края налягането и температурата на газа в балона са съответно p_1 и T_1. Тогава можем да запишем

$$p_1^{1-\gamma}T_1^{\gamma} = p_0^{1-\gamma}T_0^{\gamma}$$

Тук p_0 и T_0 са моментното атмосферно налягане и стайната температура.

Б. Квази-изохорно охлаждане

При свиването на газа той се загрява, и ако оставим системата за няколко минути нейната температура ще се изравни с тази на околната среда. Обемът на системата се променя с това колко се променя височината на спиртния стълб в манометъра. Тъй като обаче този обем е на порядъци по-малък от обема на балона можем да приемем, че процесът е изохорен. Тогава можем да запишем

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_0}$$

Когато се установи равновесие мерим налягането p_2 чрез манометъра. Нека то отговаря на височина H_1.

B. Адиабатно разширение

Тук отваряме клапата, свързваща балонът с околната среда, за кратко време, под една секунда, и после затваряме клапата. Така газът в балона достига до налягане p_0 и температура T_3. Можем да запишем

$$p_2^{1-\gamma}T_0^{\gamma} = p_0^{1-\gamma}T_3^{\gamma} \tag{1}$$

Г. Квази-изохорно затопляне

Аналогично на част 2 процесът може да се приеме за изохорен. Нека изчакаме газът в балона да уравновеси температурата си с тази на околната среда, и нека измерим налягането му p_4. Вярно е, че

$$\frac{p_0}{T_3} = \frac{p_4}{T_0} \tag{2}$$

Нека на p_4 отговаря височина H_2.

Обединявайки уравнения (1) и (2), и представяйки p_2 и p_4 чрез H_1 и H_2 получаваме

$$(\frac{p_2}{p_0})^{1-\gamma} = (\frac{T_3}{T_0})^{\gamma} = (\frac{p_0}{p_4})^{\gamma} \tag{3}$$
$$p_2 = p_0 + \rho g H_1$$
$$p_4 = p_0 + \rho g H_2$$

p_2 и p_4 се различават много малко от p_0. Затова можем да използваме приближението на Бернули в уравнение (3) и да го сведем до

$$1 + (1-\gamma)\frac{\rho g H_1}{p_0} = 1 - \gamma\frac{\rho g H_2}{p_0}$$
$$(1-\gamma)H_1 = -\gamma H_2$$
$$\gamma = \frac{H_1}{H_1 - H_2} \tag{4}$$

По уравнение (4) ще пресметнем коефициентът на Поасон за въздух.

III. Експериментални данни и резултати

Чрез повтаряне на гореописаният експеримент пет пъти получаваме стойност $\gamma = 1.34 \pm 0.2$, с гаранция 95%. Това съвпата с очакванията ни $\gamma \approx 1.4$.