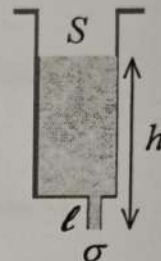


Закони на хидродинамиката

1. Теоретична част

Водата и глицерина са течности със силно различаващи се свойства. В повечето случаи, с които се срещаме във всекидневието, водата има пренебрежим вискозитет и тече като идеален флуид. Глицеринът, напротив, е една от най-вискозните течности и движението му се определя основно от силите на вътрешно триене. В тази задача ще изследвате законите, по които изтичат идеален и силно-вискозен флуид от спринцовка с тесен отвор, и ще определите вискозитета на разреден разтвор на глицерин.

Разглеждаме спринцовка, която се състои от широко цилиндрично тяло с площ на вътрешното напречно сечение S и цилиндрично „сопло“ с дължина ℓ и площ σ на отвора, от който изтича течността (вж. фигурата), като $\sigma \ll S$. Спринцовката е поставена вертикално и е запълнена с течност до височина h спрямо долния отвор на соплото.



Ако течността в спринцовката има пренебрежим вискозитет (т.е. идеален флуид), скоростта, с която тя изтича от долния отвор се дава с формулата на Торичели:

$$(1) \quad v = \sqrt{2gh}$$

В случай, че течността има много голям вискозитет (в случая – разтвора на глицерин), изтичащият през отвора на соплото поток Φ , т.е. обемът течност, минал за единица време, се дава с формулата на Поазьой:

$$(2) \quad \Phi = \frac{\pi r^4 \rho g h}{8\eta \ell},$$

където r е радиусът на отвора, ρ е плътността на течността, а g е земното ускорение.

Използвайте следните данни, които може да приемете за точни стойности:

- земно ускорение: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$;
- плътност на глицериновия разтвор: $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$.

2. Уреди и материали

- Спринцовка (без бутало) със скала, разграфена до обем 20 ml. Дължината на соплото на спринцовката е $\ell = 1.20 \text{ cm}$ и може да се приеме за точна стойност.
- Чаша с вода и шишенце с разтвор на глицерин.
- Празни чаши за преливане на водата и на глицерина.
- Чинийка за еднократна употреба, над която да се извършват всички опити по изтичане на течностите, за да се избегне мокрене или зацапване на лабораторните маси.
- Линийка.
- Хронометър.

- Два листа милиметрова хартия, разчертан лист за две таблици, два листа за писане. Ако са ви нужни повече таблици, разчертайте ги на празен лист.
- Попивателна домакинска хартия.

3. Задачи за изпълнение

Задача 1. Приемете, че спринцовката е вертикална и е пълна с флуид до височина h_1 над изходния отвор на соплото. Докажете, че ако флуидът започне да изтича, времето t , за което нивото на течността намалява до височина h_2 над отвора ($h_1 > h_2 > l$) се дава с изразите:

$$(1 \text{ а}) \quad t = \frac{S}{\sigma} \left(\sqrt{\frac{2h_1}{g}} - \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \right) \quad \text{за идеален флуид} \quad [1 \text{ точка}]$$

$$(1 \text{ б}) \quad t = \frac{8\pi\eta\ell S}{\sigma^2\rho g} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad \text{за силно вискозен флуид} \quad [1 \text{ точка}]$$

Задача 2. Определете площта S на вътрешното напречно сечение на тялото на спринцовката. Опишете метода на измерване и пресметнете грешката ΔS на вашето измерване. [2 точки]

Задача 3. Като използвате водата в качеството на идеален флуид, направете измервания, с които да проверите верността на съотношението (1 а) от задача 1. Представете резултатите таблично и графично, като използвате подходящи променливи. [3.5 точки]

Задача 4. Като използвате експерименталните резултати от задача 3, пресметнете площта σ на отвора на соплото. [2 точки]

В случай, че не успеете да получите стойността на σ , може да използвате по-нататък приблизителната стойност $\sigma = 3 \text{ mm}^2$, което обаче ще ви струва 2 точки.

Преди да пристъпите към следващите задачи, подсушете внимателно вътрешната повърхност на спринцовката с дадената попивателна хартия!

Задача 5. Като използвате разтвора на глицерин, направете измервания, с които да проверите верността на формулата (1 б) от задача 1. Представете резултатите таблично и графично, като използвате подходящи променливи. [3.5 точки]

Задача 7. Като използвате експерименталните резултати от задача 6, пресметнете вискозитета η на глицериновия разтвор. [2 точки]