

УДК 371.2:52+53

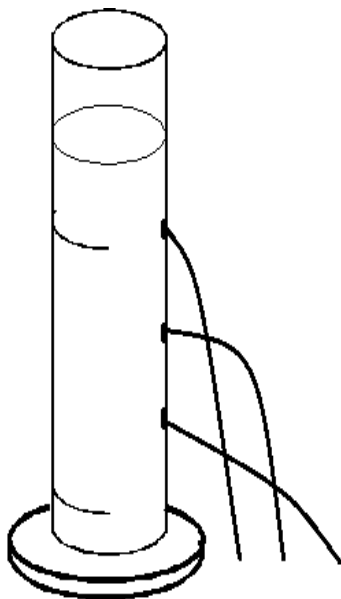
Губанова А.О., Савченко В.Ф.

РОЗШИРЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МАЛЮНКІВ У ПІДРУЧНИКАХ З ФІЗИКИ

У статті розглядається закон збереження енергії при витіканні струменів води з отворів, що розташовані на різній відстані від поверхні. Наведені розрахунки та аналіз математичних залежностей між величинами

Ключові слова: збереження енергії, статичний та динамічний тиск, переміщення, швидкість.

У підручниках з фізики малюнки та пояснення до них, як правило, подаються з метою розвитку фізичного мислення учнів. Опис малюнка, його інтерпретація і наочність висновку залежать від пояснень, що подаються за допомогою математичних співвідношень та ілюструються графіками виявлених залежностей між фізичними величинами. Ілюстрація законів збереження енергії супроводжується малюнком, на якому зображені траєкторії струменів води, що витікають з отворів, які знаходяться на різних відстанях від поверхні рідини [1, с. 242]. На малюнку видно, що швидкості витікання води різні і зростають зі збільшенням відстані отвору від рівня рідини. У момент витікання напрямки всіх швидкостей горизонтальні. У подальшому вони співпадають з напрямками дотичних, проведених до траєкторій руху рідини.



Мал. 1. Траєкторії струменів води

Складається враження, що струмінь води, що витікає з найнижчого отвору, впаде на горизонтальну площину найдалше від посудини.

Метою даної статті є більш детальний опис цього досліду. Вважаємо за потрібне насамперед вказати, як розташовані отвори. Припустимо, що загальна висота стовпчика рідини складає $H = 1,5$ метра і не змінюється з часом. Площині падіння струменів відповідає $H = 0$.

Використаємо закон зміни тиску рідини, що тече та нерухомої рідини, наведену в Р.В. Поль "Механіка, акустика та вчення про теплоту" [2, с. 207].

Кількісний зв'язок між тиском та швидкістю рідини при ламінарному русі рідини в трубах зі змінним перерізом отримується з закону збереження енергії. Уявімо кількість рідини з масою m , об'ємом V і густиною ρ . Статичний тиск і швидкість перед звуженням труби p_0 та v_0 , а в самому звуженні p і v . При втіканні в звуження швидкість збільшується від v_0 до v .

Для цього треба виконати роботу

$$V(p_0 - p) = \frac{1}{2} m(v^2 - v_0^2) \quad (1)$$

Після ділення обох частин рівняння на V отримаємо :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 = const$$

Тому, що величина $\frac{1}{2} \rho v^2$ додається до тиску p вона відповідає тискові. Цю величину називають динамічним тиском або швидкісним напором. Отже, сума також є тиском, який називають повним тиском p_1 . Рівняння Бернуллі має вигляд [2, ст. 208]:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_1, \quad (2)$$

де : p – статичний тиск; $\frac{1}{2} \rho v^2$ – динамічний тиск; p_1 – повний тиск.

Динамічний тиск рівний різниці між повним тиском і статичним. При використанні закону збереження енергії можна вважати, що статичний тиск викликає зменшення об'єму рідини і подібний до сили пружності, а енергія стиснутої рідини є енергія пружної деформації, при витіканні рідини саме ця частина енергії перетворюється на кінетичну енергію рідини.

Опускаючи перше та друге перетворення енергії отримаємо:

$$\rho mgh_i = \frac{\rho mv_i^2}{2} \quad (3)$$

h_i – глибина i -го за номером, отвору, v_i – горизонтальна швидкість витікання води.

Швидкості знайдемо з співвідношень:

$$gh_i = \frac{v_i^2}{2} \Rightarrow v_i = \sqrt{2gh_i} \quad (4)$$

Результати розрахунків швидкості виконуємо для отворів, що знаходяться на відстані 10 см один від одного.

Час польоту краплин рідини визначаємо за висотою отвору над рівнем площини падіння крапель Н- h_i . Рух у вертикальному напрямку відбувається за законом вільного падіння, тому для h_i :

$$H - h_i = \frac{gt_i^2}{2} \Rightarrow t_i = \sqrt{\frac{2(H - h_i)}{g}} \quad (5)$$

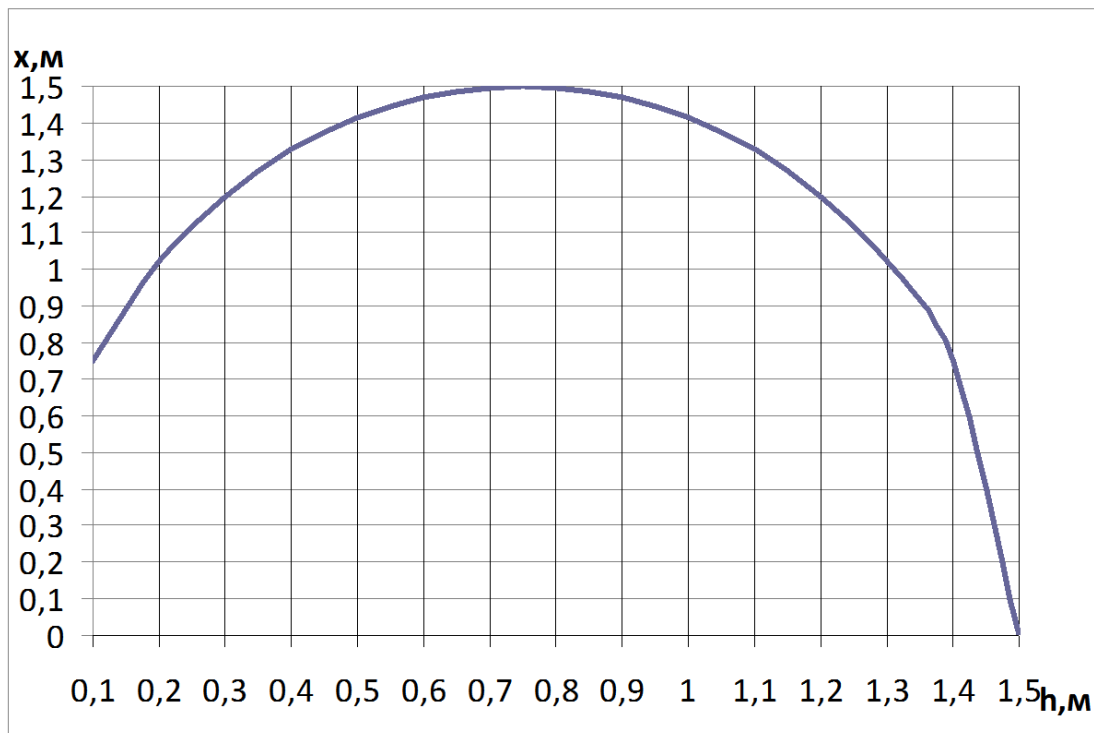
Відстань Ox_i розраховуємо за формулою:

$$Ox_i = v_i \cdot t_i = \sqrt{2gh_i} \cdot \sqrt{\frac{2(H - h_i)}{g}} = \sqrt{4h_i(H - h_i)} = 2\sqrt{h_i(H - h_i)} \quad (6)$$

За результатами проведених розрахунків будемо таблицю 1.

H , м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
h_i , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
v_i , м/с	1,40	1,98	2,42	2,80	3,13	3,43	3,71	3,96	4,20	4,42	4,64	4,85	5,05	5,24
t_i , с	0,53	0,51	0,49	0,47	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,32	0,29	0,25	0,20	0,14
Ox_i , м	0,75	1,01	1,2	1,32	1,41	1,47	1,5	1,5	1,47	1,41	1,33	1,2	1,02	0,74

За результатами таблиці будемо графік залежності Ox від h .



Мал. 2. Залежність дальності польоту струменя води від глибини отвору

З графіка видно – відстань Ox має максимум при $h = 0,75$ м, тобто $h = \frac{H}{2}$.

Дослідження залежності Ox від h проводимо також з використанням умови рівності нулевій першої похідної:

$$\frac{d(Ox)}{dh} = \frac{1}{2\sqrt{h_3(H-h_3)}} \Rightarrow \frac{d(hH-h^2)}{dh} = H-2h \quad (7)$$

Функція має максимум при умові: $H-2h=0 \Rightarrow h = \frac{H}{2}$

Це значення співпадає з результатом, отриманим за графіком.

Сучасне використання Інтернет технологій навчання, завдяки якому є велика кількість легко доступної інформації, студенти звикають до того, що не треба прикладати зусиль для засвоєння теоретичних знань з фізики.

Тому при вивченні фізики підвищується роль навчального експерименту [3, стор. 121], а також виникає необхідність більш детального аналізу малюнків, що використовуються в навчальній літературі.

Слід зазначити також, що скорочення навчальних годин на вивчення фізики приводить до того, що студенти відчувають брак персональної уваги з боку викладачів. Тому розширення та деталізація в описах та аналізі малюнків, допомагає студентам відчути систему фізичних знань та красу чітких фізичних теорій.

Використані джерела

1. Архангельский М.М. Курс физики. Механика. Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1975. – 423 с.
2. Поль Р.В. Механика, акустика и учения по теплоте. – М.: Наука, 1971. – 480 с.
3. Атаманчук П.С. Інноваційні технології управління навчанням фізики / П.С. Атаманчук. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ інф.-вид. відділ, 1999. – 174 с.

Gubanova A. A., Savchenko V.F.

THE EXPANSION OF INFORMATIVITY AT USING DRAWINGS IN TEXTBOOKS ON PHYSICS

The article considers the law of conservation of energy in the leakage jets of water from holes located at different distances from the surface. The calculation and analysis of mathematical relationships between variables are provided.

Key words: conservation of energy, the static and dynamic pressure, displacement, velocity.

Стаття рекомендована кафедрою педагогіки, психології та методик навчання фізики й математики Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2013