

Рух тіла під дією сили пружності.

Теоретичний матеріал

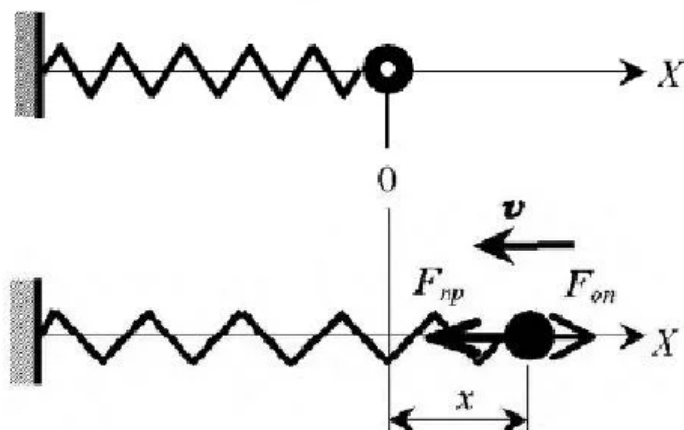
На змащений горизонтальний стержень надіємо кулю, що може ковзати вздовж нього, і циліндричну пружину, один кінець якої закріпимо на стержні, а другий - на кулі.

На початку спостереження пружина не деформована і куля перебуває у спокої. Відведемо кулю у нове положення й відпустимо. Здійснивши декілька коливань зі спадаючою амплітудою, куля нарешті зупиниться у положенні рівноваги.

При малому зміщенні кулі від положення рівноваги пружина деформується і в ній виникає сила пружності F_{np} , яка за законом Гука пропорційна величині деформації Δl і напрямлена до положення рівноваги (тобто проти деформації):

$$F_{np} = -k\Delta l,$$

де k – жорсткість пружини.



При переході до проекцій сила пружності у довільний момент визначатиметься виразом

$$F_{np\,x} = -kx,$$

де x – координата тіла.

Для сили опору маємо:

$$F_{on\,x} = -rv_x.$$

Рівнодійна сила пружності й опору надає тілу прискорення:

$$a_x = \frac{F_{пр\ x} + F_{оп\ x}}{m}$$

або

$$a_x = -\frac{kx + rv_x}{m}.$$

При русі тіла з плином часу відбувається зміна його координати x і проекції швидкості v_x .

$$v_{ix} = v_{(i-1)x} + a_{ix}\Delta t;$$

$$x_i = x_{i-1} + v_{ix}\Delta t.$$

Це приводить до відповідної зміни прискорення, що видно з останнього виразу.

Побудова моделі

Оформити лист електронної таблиці відповідно до зразка.

	A	B	C	D	E	F	G	H																																																																																										
1																																																																																																		
2	<u>Рух тіла під дією сили пружності</u>																																																																																																	
3																																																																																																		
4	Розрахункові формули:				Таблиця даних																																																																																													
5																																																																																																		
6	$t_i = t_{i-1} + \Delta t;$				<table><tr><th>Час, с</th><th>Прискорення, м/с²</th><th>Швидкість, м/с</th><th>Зміщення, м</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td colspan="4">$a_{ix} = -\frac{k}{m}x_{i-1} - \frac{rv_{(i-1)x}}{m};$</td></tr><tr><td>8</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>9</td><td colspan="4">$v_{ix} = v_{(i-1)x} + a_{ix}\Delta t;$</td></tr><tr><td>10</td><td colspan="4">$x_i = x_{i-1} + v_{ix}\Delta t.$</td></tr><tr><td>11</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>12</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>13</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>14</td><td colspan="4">Вихідні дані:</td></tr><tr><td>15</td><td>Початкове зміщення</td><td>$x_0=$</td><td></td><td>м</td></tr><tr><td>16</td><td>Початкова швидкість</td><td>$v_0=$</td><td></td><td>м/с</td></tr><tr><td>17</td><td>Інтервал часу</td><td>$\Delta t=$</td><td></td><td>с</td></tr><tr><td>18</td><td>Вага</td><td>$m=$</td><td></td><td>кг</td></tr><tr><td>19</td><td>Жорсткість пружини</td><td>$k=$</td><td></td><td>Н/м</td></tr><tr><td>20</td><td>Коефіцієнт опору</td><td>$r=$</td><td></td><td>кг/с</td></tr></table>				Час, с	Прискорення, м/с ²	Швидкість, м/с	Зміщення, м																	7	$a_{ix} = -\frac{k}{m}x_{i-1} - \frac{rv_{(i-1)x}}{m};$				8					9	$v_{ix} = v_{(i-1)x} + a_{ix}\Delta t;$				10	$x_i = x_{i-1} + v_{ix}\Delta t.$				11					12					13					14	Вихідні дані:				15	Початкове зміщення	$x_0=$		м	16	Початкова швидкість	$v_0=$		м/с	17	Інтервал часу	$\Delta t=$		с	18	Вага	$m=$		кг	19	Жорсткість пружини	$k=$		Н/м	20	Коефіцієнт опору	$r=$		кг/с
Час, с	Прискорення, м/с ²	Швидкість, м/с	Зміщення, м																																																																																															
7	$a_{ix} = -\frac{k}{m}x_{i-1} - \frac{rv_{(i-1)x}}{m};$																																																																																																	
8																																																																																																		
9	$v_{ix} = v_{(i-1)x} + a_{ix}\Delta t;$																																																																																																	
10	$x_i = x_{i-1} + v_{ix}\Delta t.$																																																																																																	
11																																																																																																		
12																																																																																																		
13																																																																																																		
14	Вихідні дані:																																																																																																	
15	Початкове зміщення	$x_0=$		м																																																																																														
16	Початкова швидкість	$v_0=$		м/с																																																																																														
17	Інтервал часу	$\Delta t=$		с																																																																																														
18	Вага	$m=$		кг																																																																																														
19	Жорсткість пружини	$k=$		Н/м																																																																																														
20	Коефіцієнт опору	$r=$		кг/с																																																																																														

Задамо початкові умови для руху тіла масою $m=100$ г, прикріпленого до пружини жорсткістю $k=40$ Н/м, і у початковий момент відведеного від положення рівноваги на відстань $x_0=1$ см:

$$t_0 = 0; \quad x_0 = 0,01 \text{ м}; \quad v_0 = 0; \quad k = 40 \text{ Н/м}; \quad m = 0,1 \text{ кг}.$$

Тривалість проміжку часу Δt візьмемо рівною $0,01$ с, а час моделювання - 1 с. Вихідні дані для моделі потрібно вписати у клітинки таблиці C15÷C20.

В клітинки E7÷H7 запишіть формули для визначення значення прискорення, швидкості та зміщення. Отримані формули скопіюйте в нижню частину таблиці заповнивши ними діапазон клітинок E8:H50.

Нагадування: При складанні формул не забувайте використовувати абсолютні посилання для постійних величин.

Побудова графіка залежності $x(t)$ та $a(t)$

Використовуючи "Майстер діаграм" побудуйте окремі графіки залежності зміщення від часу (діапазон даних H7:H50) та прискорення від часу (діапазон даних F7:F50).

Основні вимоги до графіків:

- тип діаграми – "Графік з маркерами";
- діаграма повинна містити заголовок та підпис для кожної із осей;

