



# ФІЗИКА

ЗБІРНИК ВІДЕОЗАВДАНЬ  
ІЗ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

## ЗОШИТИ

### ЗАПИТАННЯ:

Зошити важко роз'єднати після того, як їхні аркуші по черзі переплели. Що є головною причиною такого сильного зчеплення? Як залежить сила зчеплення від кількості переплетених аркушів?

### ВІДПОВІДЬ:

Шукаючи відповідь на це запитання, передусім треба вигадати, як можна виміряти силу при спробі роз'єднання зошитів із переплетеними аркушами. Ми скористалися двома дротяними вішачками, які проходять через серединний перегин подвійних аркушів. Для вимірювання сили був використаний цифровий датчик сили в парі з цифровим вимірювальним комплексом NOVA (рис. 1).

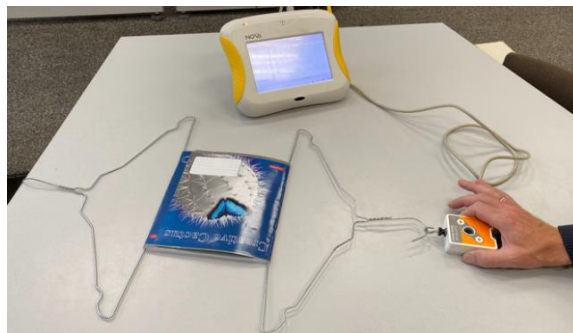


Рис. 1

Кількість переплетених аркушів – це наша незалежна змінна, вимірювана сила – залежна змінна, яка забезпечить нас масивом даних для аналізу та побудови графіку, а контрольовані змінні – це ті, що мають залишатися незмінними в усіх проведених дослідах. У нашому випадку постійними залишалися зошити, поверхня та все обладнання для забезпечення й вимірювання сили тяги.

Перед проведенням будь-якого експерименту непогано було б висунути гіпотезу (припущення), щоб потім її спростувати чи підтвердити. Давайте для прикладу припустимо, що сила зчеплення буде залежати лінійно від кількості переплетених аркушів. На якісному рівні це звучить вірогідно, оскільки сила тертя, що виникає та протидіє силі тяги, спрямована вздовж дотичних поверхонь, і чим їх більше, тим більше сила. А от із приводу лінійності залежності впевненості немає.

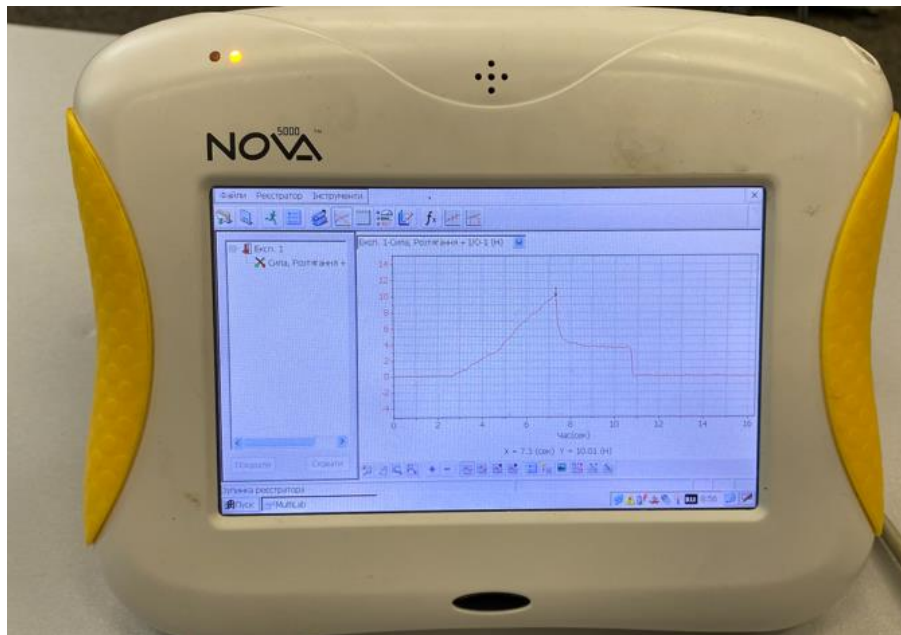


Рис. 2

Використання датчика сили дуже зручне в цьому експерименті. Як бачите, на графіку залежності сили від часу (рис. 2) сила зростала до певного максимального значення, доки зошити «ще трималися» (не рухалися), а потім перехід від сили тертя спокою до сили тертя ковзання чітко видно на графіку. Нас цікавлять максимальні розривні значення сил. Занотуємо їх та кількість переплетених аркушів, а потім будемо графік (рис. 3).

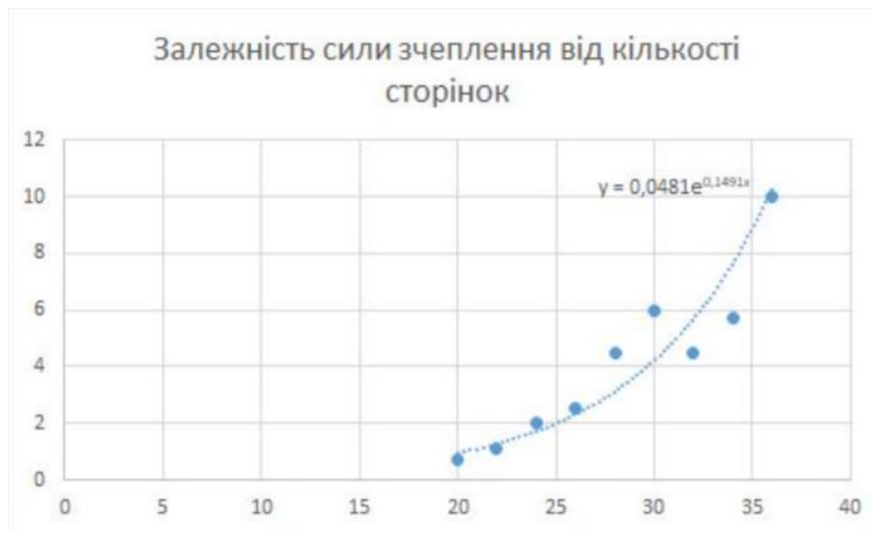


Рис. 3

З нього одразу бачимо, що припущення про лінійність було неправильним. Це ближче до експоненти. Пояснити це можна так. Чим більше переплєтених аркушів, тим сильніше викривляється поверхня на краях. При докладанні зусиль на розрив сили, що діють уздовж аркуша, можна розкласти на нормальну й тангенціальну складові.



Рис. 4

Чим з більшою силою доводиться тягнути, тим більшою буде нормальна складова сил, що призводить до стискання аркушів. А чим сильніше вони притискаються один до одного, тим більше сила тертя згідно з законом Амонтона – Кулона:

$$F_T = \mu N$$