

## Проект «Гальмівний шлях автомобіля»

проект підвищеної складності для учнів фізико-математичних класів

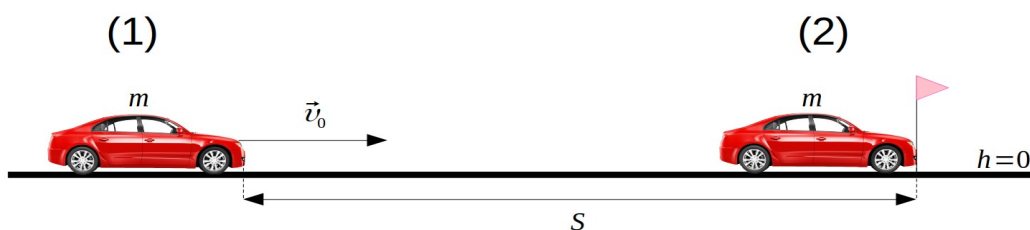
Виконав / виконала: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

В рамках цього теоретичного проекту дослідимо, як залежить **гальмівний шлях автомобіля** від різних параметрів, зокрема від його маси та швидкості.

### Частина 1: Енергетичний баланс

Для початку, розглянемо енергії, які має автомобіль маси  $m$  в момент руху зі швидкістю  $v_0$  в момент початку гальмування **(1)** та після повної зупинки **(2)**. Гальмівний шлях автомобіля позначимо як  $S$ . Вважатимемо, що дорога рівна, не має спусків чи підйомів, отже потенціальна енергія машини не змінюватиметься.



Потенційна енергія машини  $E_n$  в точці **(1)**: \_\_\_\_\_ і в точці **(2)**: \_\_\_\_\_

Кінетична енергія машини  $E_k$  в точці **(1)**: \_\_\_\_\_ і в точці **(2)**: \_\_\_\_\_

Запиши значення енергій, використовуючи позначення  $m, v_0, h$  як на схемі вище

Згадаємо **закон збереження механічної енергії**: енергія не може зникнути в нікуди і створитися з нічого. Розглянемо перетворення енергії автомобіля у нашому випадку:

- Автомобіль їде по дорозі, а отже має початкову кінетичну енергію
- Під час гальмування автомобіль перетворює **всю** свою кінетичну енергію на:
  - роботу сили тертя  $A_{\text{тертя}}$  (автомобіль продовжує рухатися, а отже виконує роботу)
  - внутрішню енергію автомобіля  $E_{\text{внутр}}$  (нагрівання гальмівних дисків, шин, тощо)

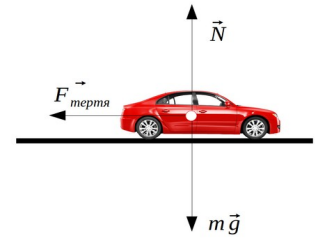
Отже, перетворення енергії відбулося наступним чином:  $E_k \rightarrow A_{\text{тертя}} + E_{\text{внутр}}$

Відомо, що перетворення у внутрішню енергію зазвичай набагато менше, ніж робота сили тертя. Тому, для цього проекту зробимо **спрощення** та **знехтуємо** нагріванням гальмівних дисків та шин і розглядатимемо далі лише роботу сили тертя. Тобто, будемо вважати, що **вся** початкова кінетична енергія авто переходить у роботу сили тертя.

### Частина 2: Робота сили тертя

Розглянемо сили, які діють на автомобіль під час гальмування:

- Сила тяжіння
- Сила нормальної реакції опори (врівноважує силу тяжіння, перпендикулярна дорозі. Для спрощення, будемо вважати, що сила прикладена в одній точці)
- Сила тертя (гальмівна сила направлена *проти* руху автомобіля)



До цього ми розглядали лише силу тертя **ковзання** для **рівномірного руху**. Гальмування машини — це **нерівномірний рух**. Загалом, сила тертя ковзання залежить від швидкості, але **знехтуємо** цим і вважатимемо, що всі відомі нам формули коректні.

Під час гальмування виникають сили тертя **ковзання** (у гальмівній системі) та **кочення** (кочення коліс по асфальту). Сила тертя кочення набагато менша, ніж ковзання, тому **знехтуємо** нею на цьому етапі проєкту.

Чому буде дорівнювати модуль сили тертя, якщо маса автомобіля  $m$  і коефіцієнт тертя кочення відомий і дорівнює  $\mu$ ?  $F_{\text{тертя}} =$  \_\_\_\_\_

Сила тертя діє протягом всього гальмівного шляху  $S$ , отже робота сили тертя може бути записана як  $A_{\text{тертя}} = F_{\text{тертя}} S$ . Розпишемо це:  $A_{\text{тертя}} =$  \_\_\_\_\_

### Частина 3: Пошук гальмівного шляху

Для того, щоб знайти гальмівний шлях, скористаємося законом збереження енергії, у якому ми знехтували внутрішньою енергією. Отримаємо  $E_k \rightarrow A_{\text{тертя}}$ . Кінетична енергія повністю перейшла у роботу сили тертя, тому прирівняємо  $E_k$  та  $A_{\text{тертя}}$ , розпишемо отримане рівняння детально та виразимо  $S$ .

$$E_k = A_{\text{тертя}} \rightarrow$$

\_\_\_\_\_

$$S =$$

*Підказка:* Під час підстановки  $E_k$  та  $A_{\text{тертя}}$  очікується, що маса скоротиться

### Частина 4: Приклади розрахунків

Розрахуємо гальмівний шлях для машини у місті, яка рухається за правилами дорожнього руху. Прийmemo  $v_0 = 48,6$  км/год, що дорівнює **13,5** м/с. Коефіцієнт тертя ковзання у гальмівній системі машини прийmemo рівним **0,7** для сонячної погоди та **0,35** для дощової погоди.

$$S_{\text{сонячна}} =$$

$$S_{\text{дощова}} =$$

Як зміниться гальмівний шлях, якщо швидкість  $v_0$  буде **64,8** км/год (тобто **18** м/с)?

$$S_{\text{сонячна}} =$$

$$S_{\text{дощова}} =$$

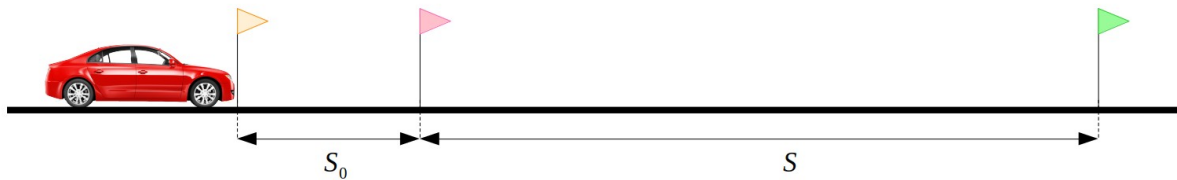
Зробіть висновки: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Частина 5: Врахування швидкості реакції при гальмуванні. Шлях зупинки

До цього ми розглядали гальмівний шлях як відстань від моменту активації гальм до повної зупинки.

Але більш корисно розглядати **шлях зупинки** (зупинний шлях) — відстань, яку автомобіль проходить від моменту виявлення небезпеки водієм або водійкою до повної зупинки

Шлях зупинки включає в себе як шлях реакції водія  $S_0$ , так і гальмівний шлях  $S$ .



Час реакції водія або водійки на перешкоду складає приблизно  $t_R = 1,5$  секунди.

Враховуючи, що автомобіль їде зі швидкістю  $v_0$ , шлях реакції складатиме

$$S_0 = v_0 t_R$$

Порахуйте повний шлях зупинки для всіх проблем вище, порівняйте його із гальмівним шляхом. Наскільки повний шлях зупинки перевищує гальмівний шлях для різних варіантів початкової проблеми? Зробіть висновки.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Враховуючи пророблену роботу, які рекомендації ви можете дати водіям та пішоходам? Які зміни до правил дорожнього руху ви б запропонували?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Цей дослідницький проєкт підготовлений інтернет-магазином «Квантовий лев»

---

- **Наш магазин:** [kvantylion.com](http://kvantylion.com)
- **Індивідуальний дослідницький субернабір «Механіка» (7 клас)** – набір обладнання для лабораторних робіт в 7 класі. Ідеальний для гібридного або дистанційного навчання  
[link.kvantylion.com/e5Y53n](http://link.kvantylion.com/e5Y53n)
- Інші **бланки лабораторних роботи** та методичні матеріали для вчителів та репетиторів  
[link.kvantylion.com/OBdh97](http://link.kvantylion.com/OBdh97)
- **Віртуальні лабораторні роботи** з фізики  
[vlabs.kvantylion.com](http://vlabs.kvantylion.com)



Шукай нас у соціальних мережах:

- YouTube ([youtube.com/@kvantylion](https://youtube.com/@kvantylion))
- Instagram ([instagram.com/kvantylion](https://instagram.com/kvantylion))
- TikTok ([tiktok.com/@kvantylion](https://tiktok.com/@kvantylion))
- Twitter ([twitter.com/kvantylion](https://twitter.com/kvantylion))