

III етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
(практичний тур)
Київ, 02.02.2018

Можливі розв'язки

Розв'язків задач є багато. Пропонуємо до розгляду лише деякі.

8, 9 класи

1. Визначити площу перерізу шприца (20 мл) та об'єм деталі, яка знаходиться в ньому.

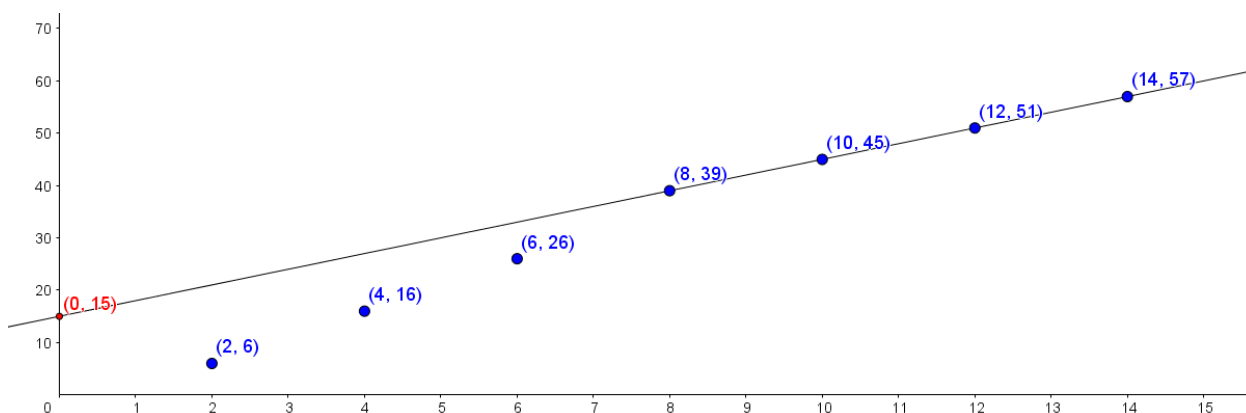
Обладнання: шприц зі смужкою мм паперу (20 мл), шприц (5 або 2 мл), деталь, шматок пластиліну, склянка з водою.

Увага! Забороняється відклеювати мм смужку, робити відбиток перерізу шприца, витягати деталь з шприца, клеїти пластилін до столу (на аркуш можна).

За допомогою маленького шприца будемо додавати у великий певні порції води відомого об'єму і будемо досліджувати залежність висоти підйому води від об'єму води, що додається.

$V, \text{мл}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$h, \text{мм}$	6	16	26	39	45	51	57	48	54	61

За табличними даними побудуємо графік залежності $h(V)$.



З графіка випливає, що лінійний характер функція починає мати з певного значення. Отже, рідина, яка додається рівномірно розповсюджується у перерізі рівномірно. За кутовим коефіцієнтом цієї прямої знайдемо площу перерізу циліндра.

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta h}$$

Екстраполюємо лінійну ділянку прямої до нульового об'єму рідини, яка додавалась. В результаті отримаємо значення «нульової» висоти рівня. Це дозволяє визначити сумарний об'єм деталі.

8, 9, 10 класи

2. Визначити об'єм свічки, який згорає щосекунди під час її горіння.

Індивідуальне обладнання: свічка ($\rho_{св} = 0,91 \text{ г/см}^3$), посудина з водою ($\rho_в = 1 \text{ г/см}^3$, цвяхи ($m_0 = 0,056 \text{ г}$), зубочистка (сірник).

Групове обладнання – годинник, ніж (ножиці), сірники (запальничка).

Увага! Забороняється використовувати будь які прилади для вимірювання та порівняння лінійних розмірів (власну лінійку, клітинки аркуша, надані гвіздки тощо).

Вставимо в свічку n гвоздиків для того, щоб вона плавала вертикально.

При додаванні певної кількості гвоздиків (Δn) свічка занурюється в рівень з водою. Запишемо умову рівноваги в такому випадку:

$$M + n * t + \Delta n * t * g = \rho_в * g * V,$$

де M – маса свічки, t – маса гвоздика, V – об'єм свічки, $\rho_в$ – густина води.

Оскільки $M = V * \rho_{св}$, де $\rho_{св}$ – густина свічки, то скорочуючи на g , отримуємо:

$$V * \rho_{св} + n * t + \Delta n * t = \rho_в * V$$

Отже

$$V = \frac{m * (n + \Delta n)}{\rho_в - \rho_{св}} \quad (1)$$

Залишимо в свічці n гвоздиків та підпалимо її. Згораючи свічка плавитиме віск, який акуратно збирається салфеткою або папірцем. Для того, щоб тепер свічка стала в рівень із водою треба, щоб «згорів» об'єм ΔV і маса ΔM . Запишемо для цього випадку умову рівноваги:

$$\begin{aligned} (M - \Delta M) + n * t * g &= \rho_в * g * (V - \Delta V) \\ V * \rho_{св} - \Delta V * \rho_{св} + n * t &= \rho_в * (V - \Delta V) \\ \Delta V * \rho_в - \Delta V * \rho_{св} &= V * \rho_в - V * \rho_{св} - n * t \\ \Delta V * \rho_в - \rho_{св} &= V * \rho_в - \rho_{св} - n * t \end{aligned}$$

Підставляючи значення (1), маємо:

$$\Delta V = \frac{\Delta n * t}{\rho_в - \rho_{св}} \quad (2)$$

Отже, об'єм, що розплавиться залежить тільки від Δn !!!

Для проведення досліду можна взяти такі значення n та Δn :

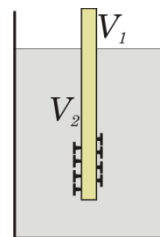
n	Δn
6	4
7	3

Можна брати також пари (8; 2) та (9; 1) – проте при цьому буде більша похибка.

Вимірявши час, поки свічка з n гвоздиками догорить до того моменту, коли її верхній край зрівняється із рівнем води, та знаючи об'єм, що розплавився за цей час (2), можна вирахувати швидкість горіння свічки:

$$v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta n * t}{(\rho_в - \rho_{св}) * \Delta t}$$

(Овсянніков, Кашко)



10, 11 класи

3. Для обстеження умов пожежної безпеки в деяких районах Київської області, гелікоптер почав рухатись о 12:00 годині з аеропорта «Бориспіль» маршрутом, який вказаний на мапі. Час перебування гелікоптера в деяких точках маршруту та масштаб вказані також на мапі. Визначте графічно крейсерську швидкість гелікоптера та швидкість вітру, якщо відомо, що швидкість вітру протягом польоту була стала, а швидкість гелікоптера змінювалась лише за напрямком.

Обладнання: лінійка, циркуль, рисунок.

1. За допомогою лінійки та використавши масштаб, визначимо відстані між пунктами, для яких взаний час.

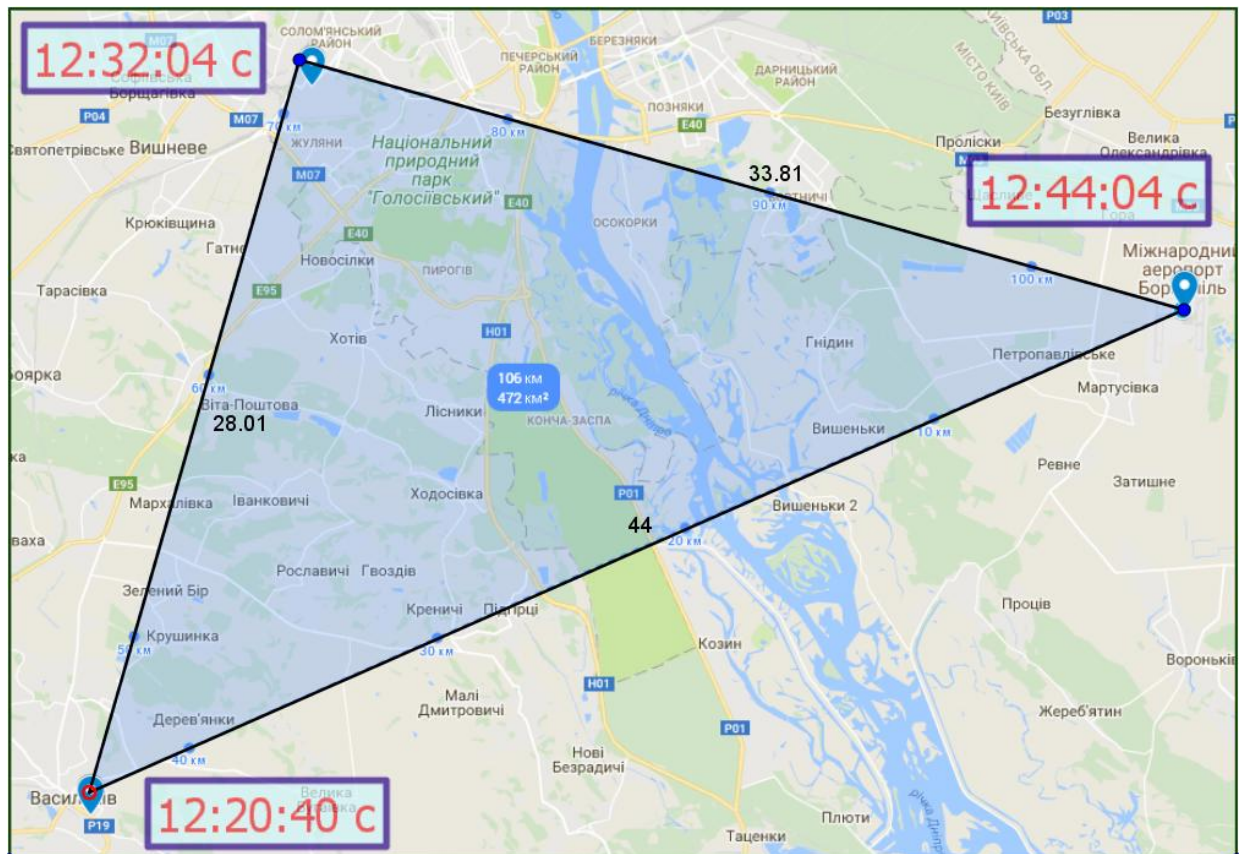


Рис. 1

2. Визначимо час руху окремими ділянками маршруту та швидкості гелікоптера на цих ділянках за напрямками та значеннями (рис. 2).

Ділянка	Початк час	Кінець час	Інтервал часу, с	Інтервал часу, год	Відстань, км	Швидкість, км/год
Бориспіль-Васильків	12:00:00	12:20:40	1240,00	0,34	44	127,74
Васильків-Жуляни	12:20:40	12:32:04	684,00	0,19	28	147,37
Жуляни-Бориспіль	12:32:04	12:44:04	720,00	0,20	33,81	169,05

3. Швидкості відрізняються за значеннями. Пояснити це можна лише впливом вітру. У разі відсутності вітру їх значення мали б дорівнювати значенню крейсерської швидкості. Швидкість на кожній ділянці є векторною сумою швидкості вітру та крейсерської швидкості.

4. Вибравши відповідний масштаб побудуємо вектори швидкостей на кожній ділянці.

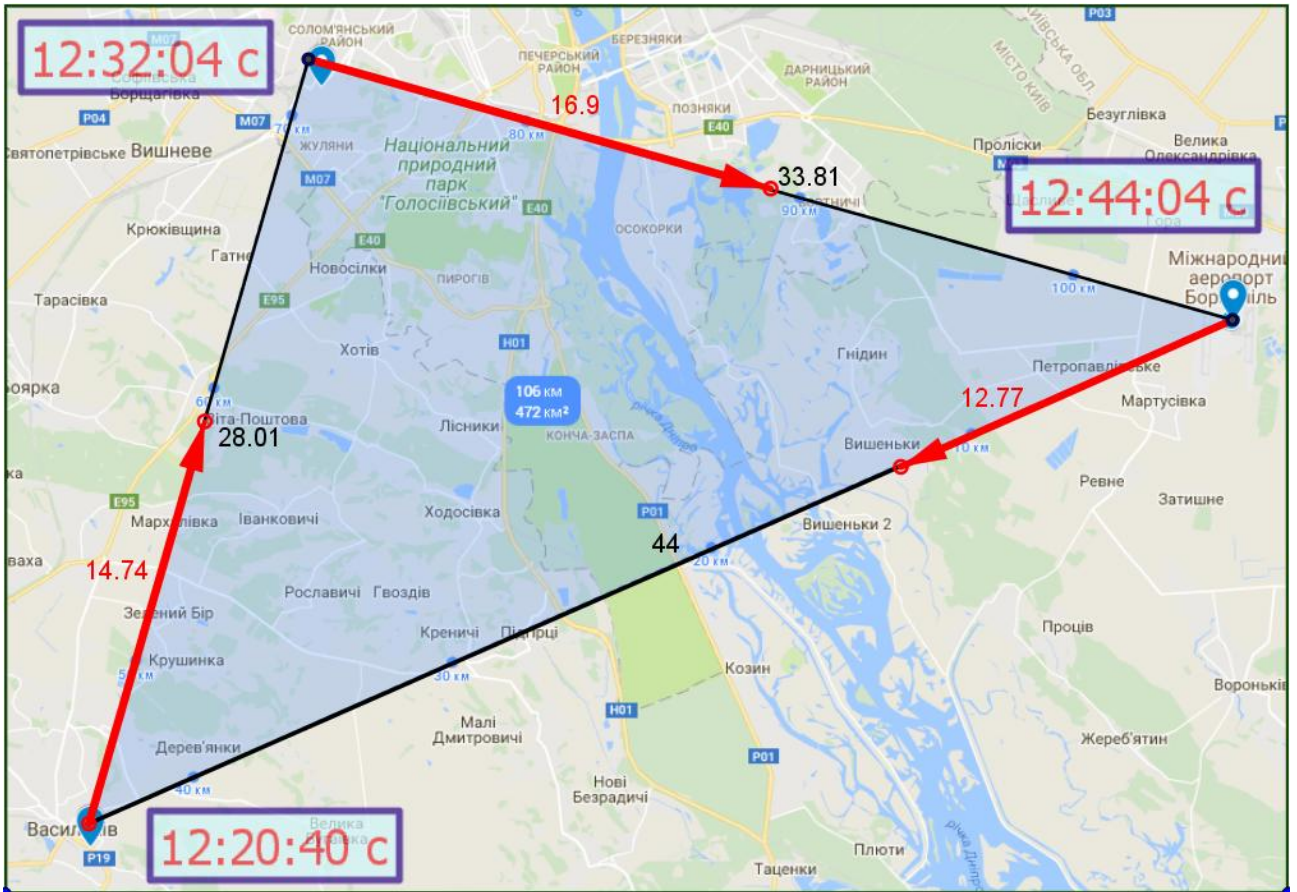


Рис. 2

5. Паралельним переносом з'єднаємо початки векторів швидкості кожної ділянки (рис. 3). Навколо кінців цих векторів опишемо коло і знайдемо його центр. Точка, яка з'єднає початки векторів швидкості та центр кола не збігаються. Пояснити це можна наявністю вітру. Вектор, який з'єднає початки швидкостей на окремих ділянках та центр кола визначає швидкість вітру. А радіуси цього кола визначають крейсерську швидкість.

6. За допомогою лінійки (з урахуванням масштабу) виміряємо значення швидкостей, які вимагає умова задачі. Отже, швидкість вітру становить ≈ 22 км/год, а крейсерська швидкість гелікоптера $\approx 147,3$ км/год.

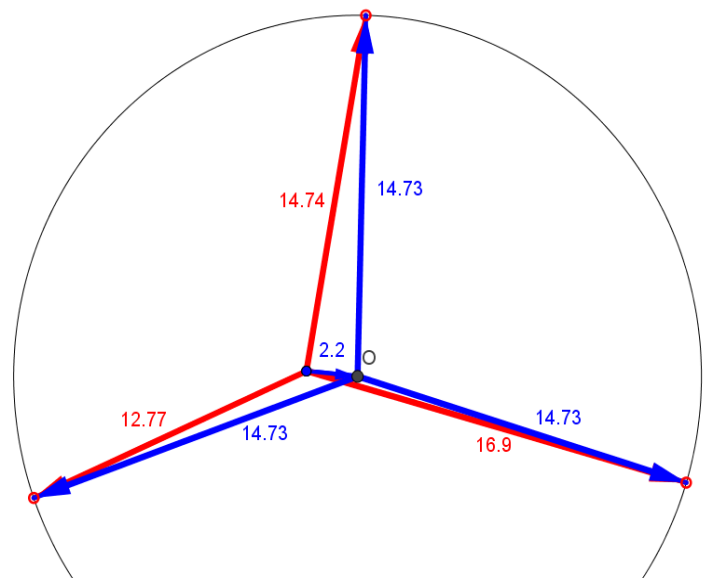


Рис. 3

11 класи

4. Оцінити поверхневий натяг рідини ($\rho_p = 1020 \text{ кг/м}^3$).

Пити рідину категорично забороняється!

Індивідуальне обладнання: пластиковий стаканчик наполовину заповнений невідомою рідиною, аркуш у клітинку (мм смужка), трубочка, дерев'яна паличка.

Групове обладнання – ножиці, нитки.

Зануримо трубочку у рідину і закриємо верхній отвір пальцем. Виймемо трубочку з рідини. Потроху відкриємо отвір так, щоб вода почала крапати з трубочки. Коли води залишиться небагато, можна побачити, що частина рідини в трубочці залишилася навіть якщо верхній кінець відкритий. Проробимо дослід кілька разів, вимірюючи за допомогою клітинок аркушу висоту стовпчика, від краю трубочки до верхнього краю меніску.

Можна стверджувати, що сила тяжіння, що діє на рідину, врівноважена силою поверхневого натягу двох менісків (нижнього та верхнього).

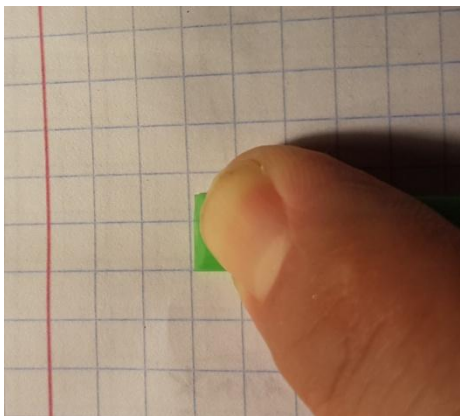
$$mg = 2\sigma L \quad (1),$$

де m – маса рідини, σ – коефіцієнт поверхневого натягу, L – довжина кола, що утворює меніск.

$$\text{Тоді } \sigma = \frac{mg}{2L} \quad (2)$$

Масу рідини знайдемо, як $m = \rho V = \rho \cdot \pi d^2 h/4$, де h – висота стовпа рідини у трубці (в нашому випадку 7 мм), d – діаметр трубки, ρ – густина рідини.

$$\text{Рівняння (2) матиме вигляд } \sigma = \frac{\rho \cdot \pi d^2 h g}{8L} \quad (3)$$



Діаметр і довжину кола можна знайти за допомогою клітинок зошита, вважаючи, що між ними 5 мм. Треба стиснути трубку пальцем і прикласти до клітинок, як показано на світлині. Можна було отримати й більш точні вимірювання за допомогою мм стрічки, дерев'яної палички (метод рядів) тощо. В нашому випадку сплюснена трубка має розмір 8 мм. Тоді довжина кола $L = 16 \text{ мм}$.

Враховуючи, що довжина кола $L = \pi d$, знайдемо діаметр трубки $d = L/\pi$, $d = 16/3,14 = 5,1 \text{ мм}$

Підставимо в формулу (3)

$$\sigma = \frac{1020 \cdot 3,14 \cdot (5,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{8 \cdot 16 \cdot 10^{-3}} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

Табличне значення для води при 20°C поверхневого натягу $\sigma = 73 \text{ мН/м}$. В нас вийшло значення натягу меншим, що можна пояснити наявністю у води з під крана включень, які зменшують поверхневий натяг води.

