

**Міністерство освіти і науки України**  
**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**  
**Український фізико-математичний ліцей Київського національного**  
**університету імені Тараса Шевченка**  
**XXIV Всеукраїнська учнівська Інтернет-олімпіада з фізики**  
**2024/2025 навчального року**  
**I (заочний) етап II тур**  
**9 клас**

**4. «Безсенсовий камін»**

Уявіть собі камін, який не віддає жодного тепла в кімнату, в якій він знаходиться, хоча в ньому й спалюється вугілля. Висота теплоізовованої від навколишнього середовища труби димаря каміна дорівнює  $h$ .

Уважайте, що:

- при спаленні вугілля (який складається лише з вуглецю) єдиними наслідками процесу є утворення вуглекислого газу та віддача тепла повітрю, що підіймається по трубі;
- при проходженні повітря через полум'я в хімічній реакції задіюється лише відсоткова (за масою) частина  $\beta$  від всієї кількості кисню в повітрі (масова частка кисню в повітрі складає  $\delta = 23\%$ ). Значення  $\beta$  є відомим і набагато меншим за 100%, тож склад повітря майже не змінюється;

- швидкість повітря в трубі каміна всюди однакова та описується наступним виразом:

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \text{ де } \Delta p \text{ – різниця тисків на вході в камін зі сторони кімнати перед полум'ям та}$$

в димарі каміна в його нижній точці,  $\rho$  – густина повітря в трубі димаря;

- повітря в димарі однорідне, має майже однакову густину та температуру в будь-якій точці. Питому теплоємність повітря вважайте відомою  $c_p$ . Площа поперечного перерізу труби димаря рівна  $S$ ;

- температури навколишнього середовища та кімнати однакові та рівні  $T_0$  (камін явно не справляється зі своїми обов'язками), а температура повітря в гарно прогрітому димоході  $T_h$ . Зв'язок між температурою повітря та його густиною наближено можна описати формулою  $\rho = \frac{\gamma}{T}$ , де  $\gamma$  – відомий коефіцієнт.

- Питома теплота згоряння вугілля  $q$  та будь-які необхідні маси атомів хімічних елементів та молекул відомі.

Знайдіть, **яка маса вугілля** спалюється за одиницю часу.