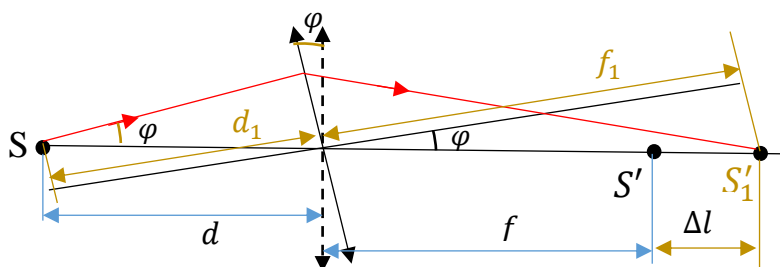


Завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики  
(2018-2019 навчальний рік)  
10 клас

1. Точкове джерело світла  $S$  розташоване на відстані  $d = 40$  см від збиральної лінзи на її головній оптичній осі. Оптична сила лінзи  $D = 5$  дптр. Під час повороту лінзи на деякий кут  $\varphi$  відносно осі, яка проходить через оптичний центр лінзи та перпендикулярна до площини малюнка, зображення джерела змістилося на  $\Delta l = 10$  см. Визначте кут повороту лінзи.

Розв'язок

Зобразимо хід променів через лінзу.



$\varphi$  – кут повороту лінзи;

$d$  – відстань від джерела до лінзи;

$d_1$  – відстань від джерела до лінзи після її повороту;

$f$  – відстань від лінзи до зображення джерела  $S'$ ;

$f_1$  – відстань від лінзи до зображення джерела  $S'_1$  після повороту лінзи.

Зображення джерела  $S'$  спочатку розташовано на головній оптичній осі лінзи на відстані  $f$  від лінзи. За формулою тонкої лінзи:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$ .

Звідси,  $f = \frac{d}{Dd-1} = 0,4$  м.

При повороті лінзи на кут  $\varphi$  її головна оптична вісь також повертається на кут  $\varphi$ , а зображення  $S'_1$  зміщується вздовж оптичної осі на  $\Delta l$ . Із малюнка видно, що  $d_1 = d \cos \varphi$ ,  $f_1 = (f + \Delta l) \cos \varphi$ . Формул лінзи в даному випадку буде  $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = D$ .

Для кута  $\varphi$  знаходимо:  $\cos \varphi = \frac{d+f+\Delta l}{Dd(f+\Delta l)} = 0,9 \rightarrow \varphi = \arccos 0,9$ .

2. Кип'ятильник зроблено з резистора довжиною  $l$ , опір дуже малої частини якого дорівнює  $R$ . Його повільно зі швидкістю  $v$  занурюють вертикально на глибину  $h$  у стакан з водою так, що  $h < l$ . А потім з тією ж швидкістю витягують з води. Кип'ятильник включено в електричне коло з напругою  $U$ , теплоємність стакана з водою –  $C$ . Нехтуючи тепловими втратами та в'язкістю рідини, визначте зміну температури води в результаті такого нагрівання.

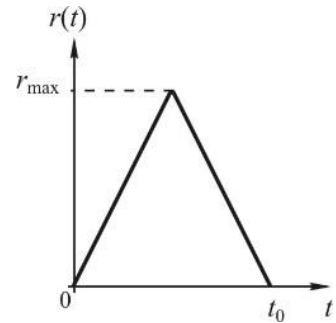
### Розв'язок

За малий час  $\tau$  кипятильник передає воді кількість теплоти  $Q = I^2 r \tau$ , де  $r$  – опір зануреної у воду частини кип'ятильника, який змінюється під час занурення,  $I = \frac{U}{Rl}$  (1) – постійний струм у кип'ятильнику.

Побудуємо графік залежності опору зануреної у воду частини кип'ятильника від часу.

Кип'ятильник знаходиться у воді час  $t_0 = \frac{2h}{v}$  (2).

Спочатку половину цього часу  $\frac{t_0}{2}$ , опір зануреної частини рівномірно зростає до  $r_{max} = Rh$ , а потім, протягом часу  $\frac{t_0}{2}$  опір рівномірно зменшується до нуля. Графік залежності опору зануреної у воду частини кип'ятильника від часу подано на малюнку.



Із графіка можна розрахувати значення  $rt_0$  як площу трикутника, обмежену графіком:  $rt_0 = \frac{r_{max}t_0}{2} = \frac{Rht_0}{2}$ .

Тоді повна кількість теплоти, яку отримала вода, дорівнює  $Q = I^2 \frac{Rht_0}{2}$ .

З урахуванням формул (1) та (2),  $Q = \frac{U^2}{R^2 l^2} \cdot \frac{Rh}{2} \cdot \frac{2h}{v} = \frac{U^2 h^2}{R l^2 v}$ .

Зміна температури води в результаті отримання такої кількості теплоти дорівнює  $\Delta T = \frac{Q}{c} = \frac{U^2 h^2}{c R l^2 v}$ .

3. Гепард помітив антилопу, яка бігла в напрямку від нього з швидкістю  $v_A = 20 \frac{m}{c}$ , та почав за нею полювання. Прискорюючись рівномірно, він за час  $t_1 = 4$  с досягнув швидкості  $v_r = 30 \frac{m}{c}$ , з якою рухався ще  $t_2 = 10$  с. Через цей час гепард відчув, що його тіло перегрілося, й закінчив переслідування антилопи з тим же за модулем прискоренням, що й на початку полювання. На якій мінімальній відстані  $S_{max}$  від антилопи повинен був знаходитися гепард, щоб спіймати антилопу?

Примітка. Із-за відсутності потових залоз на тілі та поганого відводу тепла через шкіру гепард не може розвивати максимальну швидкість (приблизно 110 км / год) протягом тривалого часу без небезпечного для його організму перегріву.

### Розв'язок

*Дивись задачу № 3 (11 клас)*

4. Щоб бризки від велосипедних коліс не попадали на велосипедиста, над колесами велосипеда встановлюються щитки. Зобразіть схематично найменші розміри щитків, при яких бризки не можуть потрапити на велосипедиста.

### Розв'язок

Траєкторія бризків - дотична до кола колеса. Тому розміри щитків обмежені дотичними до колес, проведеними до голови та до носків ніг велосипедиста.