



## Задача 9-2 Часы.

В данной задаче вам предстоит дать кинематическое описание движения стрелок часов и рассмотреть несколько эффектов, связанных с их движением. Будем рассматривать традиционные механические часы, в которых полный оборот разделен на 12 равных частей – часов.

### Часть 1. Угломерные шкалы.

Стрелки часов бегают по кругу! Для описания их движения необходимо ввести единицы измерения углов. Вам знакома градусная шкала: один полный оборот равен  $360^\circ$ . Но углы можно измерять в единицах времени! Действительно, циферблат часов проградуирован в часах. Поэтому имеет смысл ввести единицу измерения угла – **1 угловой час** (эту единицу обозначим  $^\circ\text{час}$ ). За 1 временной час часовая стрелка поворачивается на 1 угловой час, поэтому угловая скорость движения часовой стрелки равна  $\omega_h = 1 \frac{^\circ\text{час}}{\text{час}}$ . Аналогично введем единицу измерения – угловая минута<sup>1</sup> ( $^\circ\text{мин}$ ) – угол, на который поворачивается минутная стрелка за 1 временную минуту.

1.1 Чему равны угловой час  $^\circ\text{час}$  и угловая минута  $^\circ\text{мин}$  в обычных угловых градусах?

1.2 Выразите угловую минуту  $^\circ\text{мин}$  через угловой час  $^\circ\text{час}$ .

1.3 Чему равна угловая скорость минутной стрелки  $\omega_m$  в единицах  $\frac{^\circ\text{час}}{\text{час}}$ ?

1.4 Чему равна скорость часовой стрелки  $\omega_h$  в единицах  $\frac{^\circ\text{мин}}{\text{мин}}$ ?

### Часть 2. Исправные часы.

Углы поворота стрелок обозначим: часовой –  $\varphi_h$ , минутной –  $\varphi_m$ . Отметим, что эти углы определяются по циферблату часов, т.е. после полного оборота значения углов «обнуляются». Текущее время будем обозначать традиционно –  $t$ . В данной части задачи углы следует измерять в часах  $^\circ\text{час}$ . При записи законов движения, оцифровке осей используйте точные численные значения угловых скоростей стрелок.

2.1 Запишите законы движения часовой и минутной стрелок – зависимости их углов поворота от времени  $\varphi_h(t)$  и  $\varphi_m(t)$ .

2.2 Постройте графики законов движения  $\varphi_h(t)$  и  $\varphi_m(t)$  за один оборот часовой стрелки.

2.3 Рассчитайте моменты времени (выразите их в часах и минутах; с точностью до минуты), когда минутная и часовая стрелки совпадают.

### Часть 3. Испорченные маятниковые часы.

За один период колебаний стрелки поворачиваются строго на один и тот же угол. В результате измерения температуры длина маятника увеличилась, в результате чего период его колебаний увеличился на  $\eta = 1,00\%$ .

---

<sup>1</sup> Не путать с традиционной угловой минутой равной одной шестидесятой углового градуса  $1' = \frac{1^\circ}{60}$ .

3.1 Эти часы будут отставать или спешить? Ответ обоснуйте.

3.2 Какова будет ошибка показаний часов за сутки (в секундах).

Определим ошибку как  $\delta t = t - \hat{t}$ , где  $t$  - истинное время,  $\hat{t}$  - показания часов.

3.3 Пусть в момент времени  $t = 0$  часы показывают точное время. Через какой промежуток времени они опять покажут точное время?