

## Ошибочная разминка

### Условие

#### Задача 1. «Ошибочная разминка»

В результате действия случайных или неслучайных факторов при проведении измерений величины  $X$ , результат получается неточным, с погрешностью  $\Delta X$ . Случайные изменения относительно среднего значения называют флуктуациями. Диапазон значений, которые может принимать случайная величина, записывают в виде  $X = X_0 \pm \Delta X$ , а точность измерений при этом характеризуют относительной погрешностью  $\delta = \Delta X/X_0$ .

##### 1.1. «Из пушки по...»

Как известно, максимальная дальность полета снарядов  $s_0$  наблюдается при стрельбе под углом  $\alpha_0 = 45^\circ$  (если местность, где происходит стрельба, плоская и можно пренебречь сопротивлением воздуха). Скорость вылета снаряда из пушки испытывает флуктуации (например, потому, что в них разное количество пороха), и поэтому при стрельбе под углом  $\alpha_0 = 45^\circ$  снаряды летят на расстояние  $s_0 \pm \Delta s_0$ . Чему будет равна неточность  $\Delta s$  попадания в цель при стрельбе под другими углами  $\alpha$ ? Изобразите примерный график зависимости  $\Delta s(\alpha)$ .

##### 1.2. «Пружинные весы»

Для изготовления пружинных весов взяли пружину некоторой жесткости и массы и отградуировали шкалу согласно закону Гука  $F = -kx$ . При измерении веса тела массой  $M_0$  показание пружинных весов оказалось завышенным и равным  $P = M_0g + \Delta P_0$ . Чему будет равна относительная ошибка измерения веса  $\delta$  при помощи таких весов? Постройте примерный график зависимости относительной ошибки от массы взвешиваемого тела.

##### 1.3. «Гальванометр»

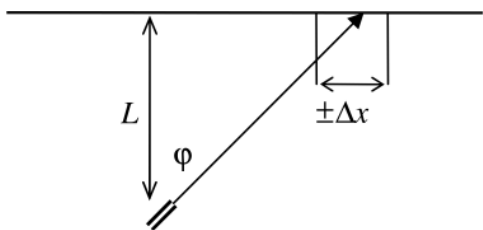
В гальванометре стрелка отклоняется по шкале пропорционально силе тока, протекающего через него. Максимальное отклонение стрелки достигается при силе тока  $I_{\max}$ . Гальванометр имеет собственное сопротивление, значение которого может находиться в диапазоне  $R \pm \Delta R$ , причем  $\Delta R \ll R$ . Из гальванометра можно сделать вольтметр, подключив к нему последовательно достаточно большое сопротивление  $R_V$ , или амперметр, подключив к нему параллельно сопротивление  $R_A$ . Чему равны максимальные погрешности  $\Delta U$  и  $\Delta I$  этих приборов? Изобразите примерные графики зависимости относительной погрешности напряжения, измеренного вольтметром, от сопротивления  $R_V$  и относительной погрешности силы тока, измеренной амперметром, от сопротивления  $R_A$ .

##### 1.4. «Термометр»

При помощи термометра, имеющего теплоемкость  $C_0$  и находящегося при комнатной температуре  $T_0$ , измеряют температуру горячей воды массой  $m$  и удельной теплоемкостью  $c$ , находящейся в калориметре при температуре  $T$ . Чему будет равна относительная ошибка измерения температуры  $\delta$ , вносимая термометром? Изобразите примерные графики зависимости относительной погрешности  $\delta$  от измеряемой температуры воды  $T$  и от массы воды в калориметре  $m$ .

##### 1.5. «Лазерный зайчик»

Лазер расположен на большом расстоянии  $L$  от длинной прямой стены. Тонкий лазерный луч направлен перпендикулярно стене ( $\varphi_0 = 0$ ). Из-за внешних вибраций направление лазерного луча испытывает малые флуктуации, и лазерный «зайчик» бежит по стене в пределах  $\pm \Delta x_0$ . В каких пределах  $\pm \Delta x$  будет смещаться пятно от лазера по стене, если луч направлен под углом  $\varphi$ ? Изобразите примерный график зависимости  $\Delta x(\varphi)$ .



Примечание

Для  $\xi \ll 1$  справедливы следующие формулы:  $\frac{1}{1+\xi} \approx 1 - \xi$  и  $\operatorname{tg}(\alpha + \xi) \approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{\cos^2 \alpha} \xi$ .