

# Теория автоматического управления

Интегрирующие звенья

# Идеальное интегрирующее звено

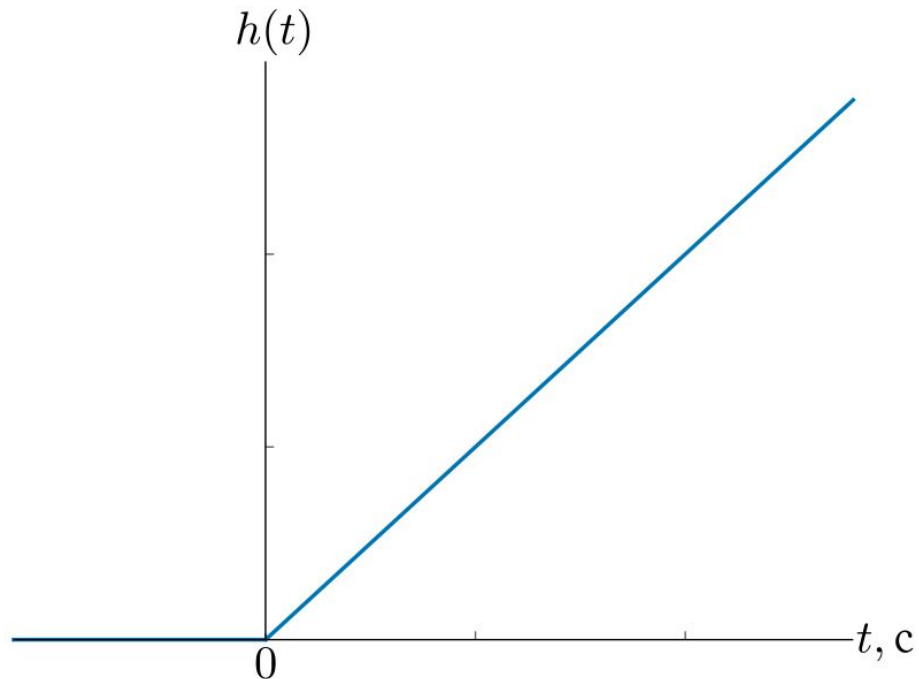
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Передаточная функция

$$w(p) = \frac{1}{p}$$

Переходная функция

$$h(t) = kt$$

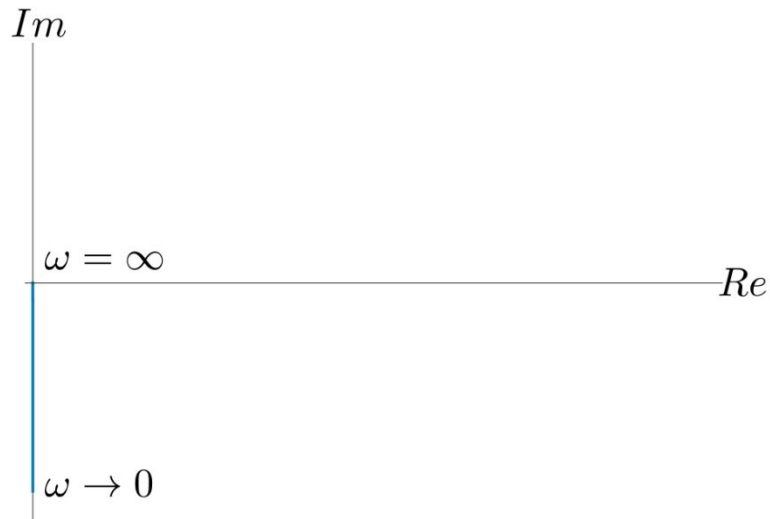


# Идеальное интегрирующее звено

$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Частотная передаточная  
функция

$$W(j\omega) = -j\frac{1}{\omega}$$



# Идеальное интегрирующее звено

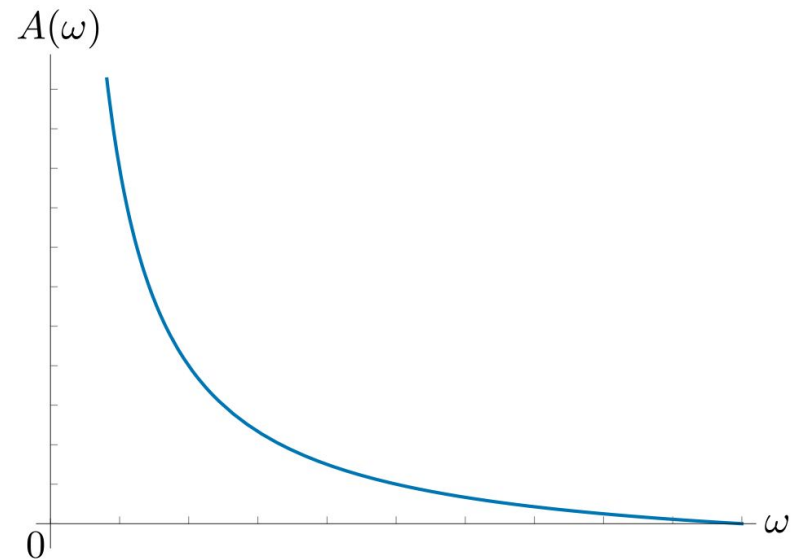
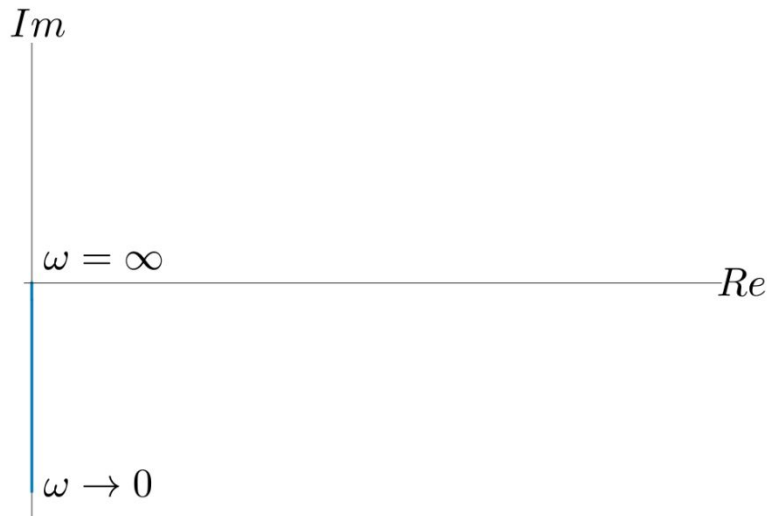
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Частотная передаточная  
функция

$$W(j\omega) = -j\frac{1}{\omega}$$

АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = \frac{k}{\omega},$$
$$\psi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$$

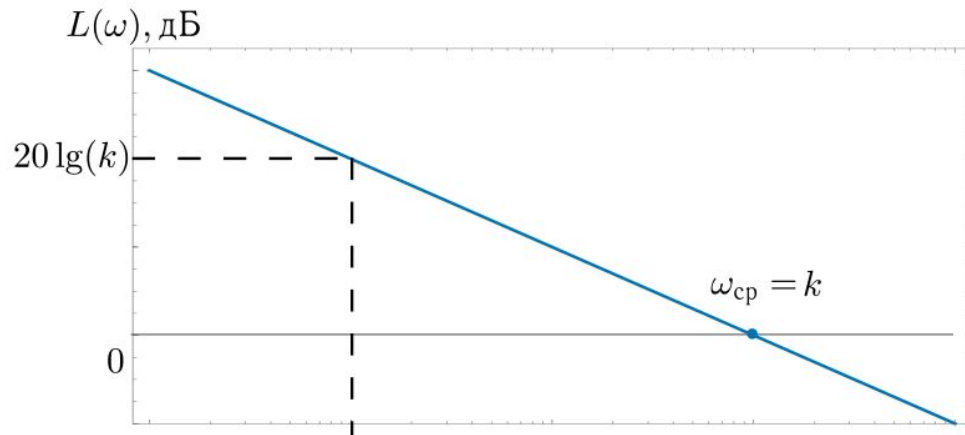


# Идеальное интегрирующее звено

$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

ЛАЧ  
X

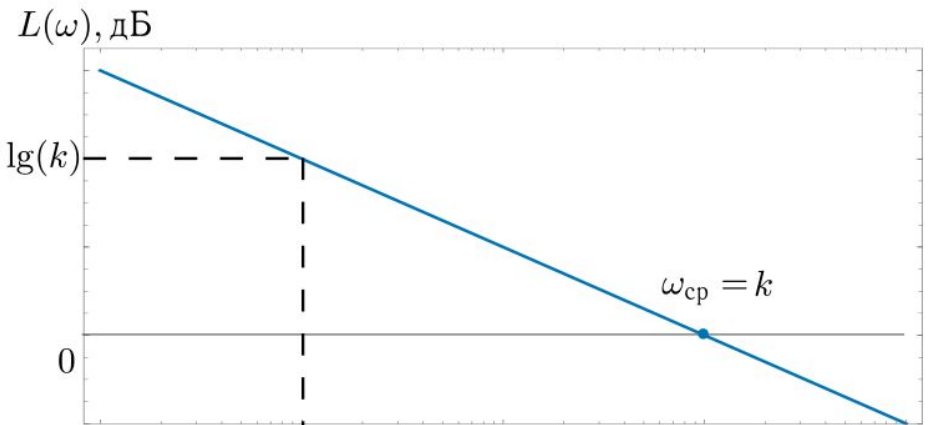
$$L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega$$



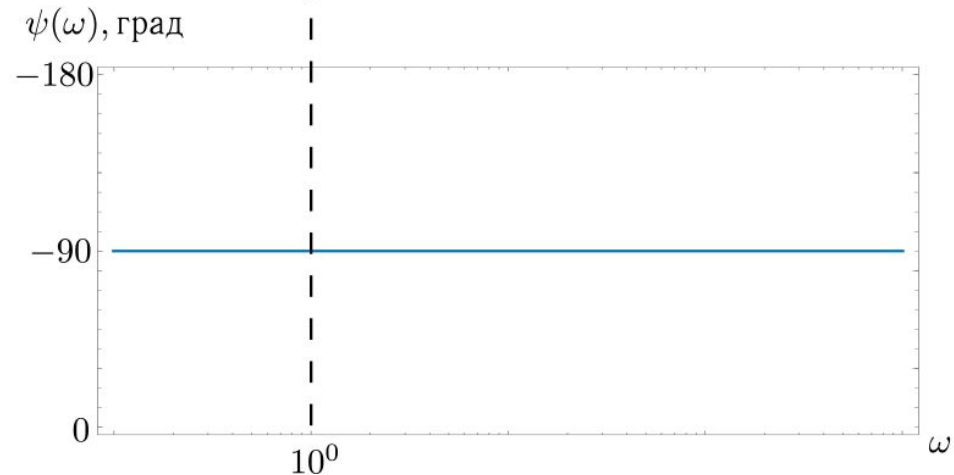
# Идеальное интегрирующее звено

$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

ЛАЧ  
X  $L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega$



ЛФЧ  
X  $\psi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$



# Идеальное интегрирующее звено

## Примеры

- Гидравлический демпфер
- Электронный интегратор

# Интегрирующее звено с замедлением

Уравнение движения  $T\ddot{y}(t) + y(t) = kX(t)$

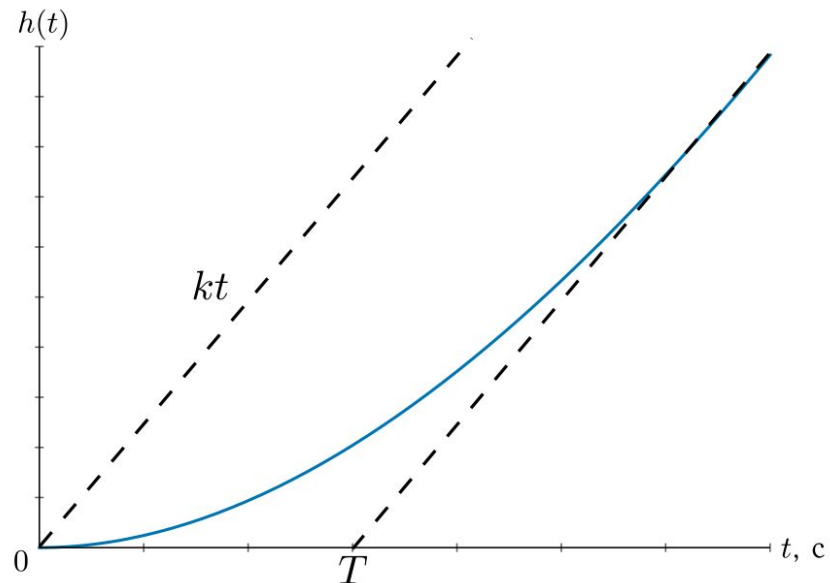
$T$  – постоянная времени

Передаточная функция

$$W(p) = \frac{k}{p(Tp + 1)}$$

Переходная функция

$$h(t) = k(t - T(1 - e^{-t/T}))1(t)$$



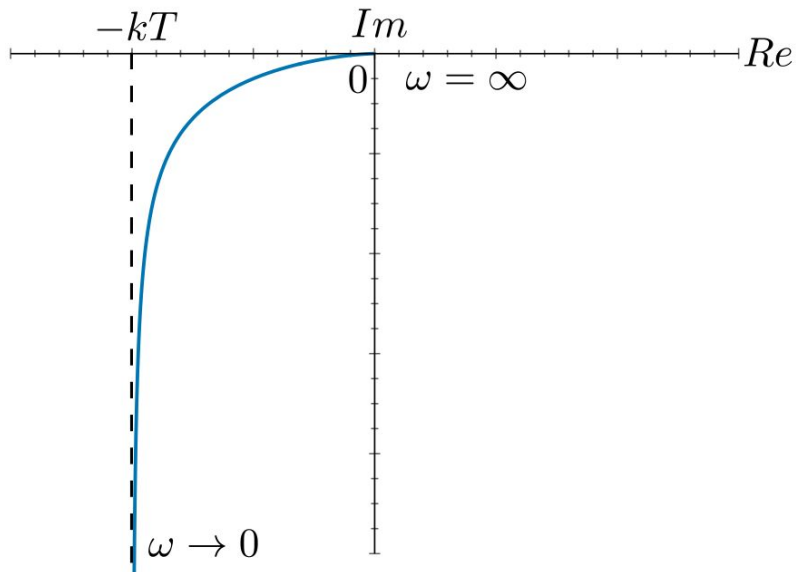


# Интегрирующее звено с замедлением

$$\text{Уравнение движения } T\ddot{y}(t) + y(t) = kX(t).$$

Частотная передаточная  
функция

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega(1 + j\omega T)}$$

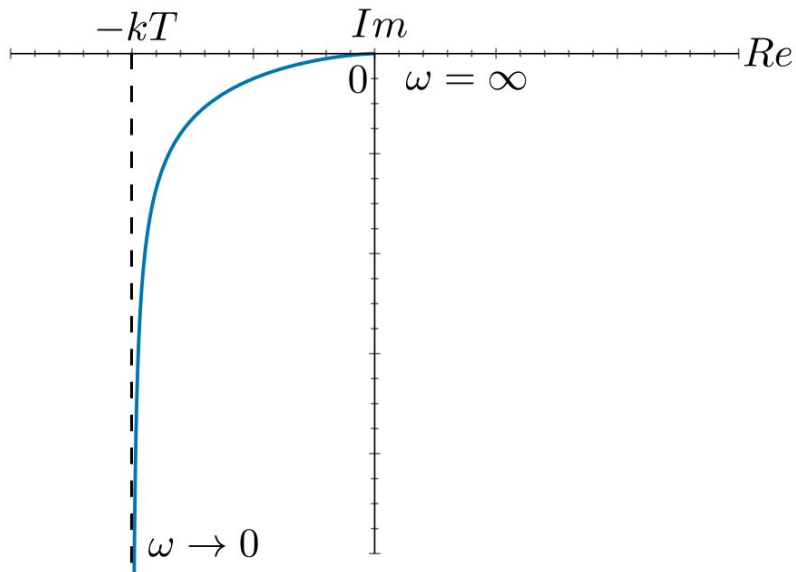


# Интегрирующее звено с замедлением

$$\text{Уравнение движения } T\ddot{y}(t) + y(t) = kX(t).$$

Частотная передаточная функция

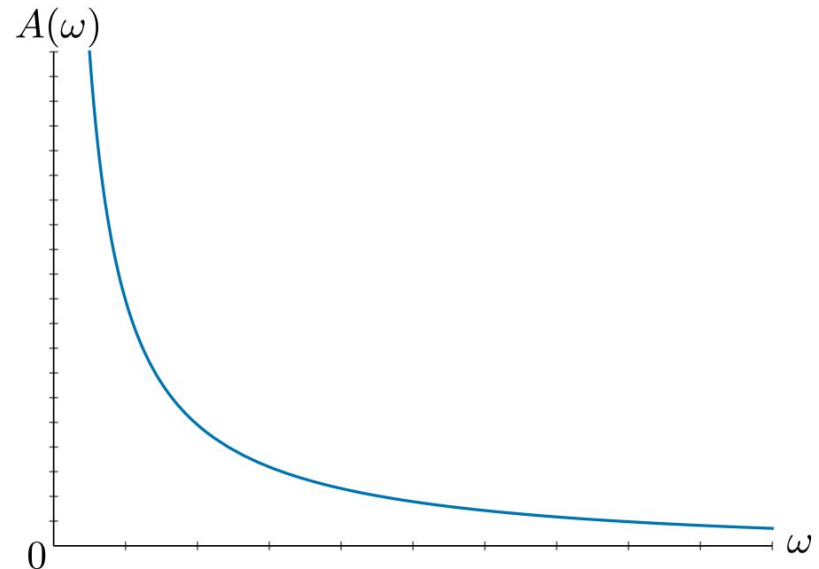
$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega(1 + j\omega T)}$$



АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = \frac{k}{\omega\sqrt{1 + \omega^2 T^2}},$$

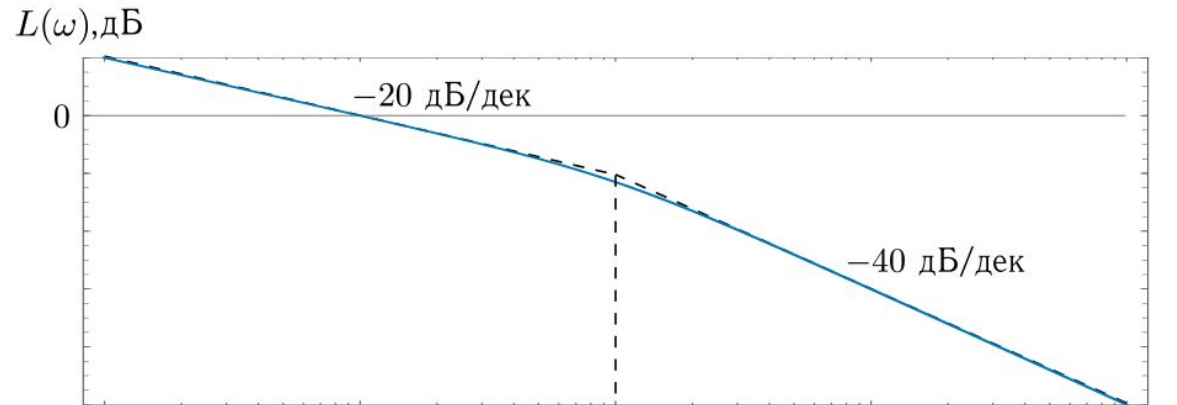
$$\psi(\omega) = -\frac{\pi}{2} - \text{arctg } \omega T$$



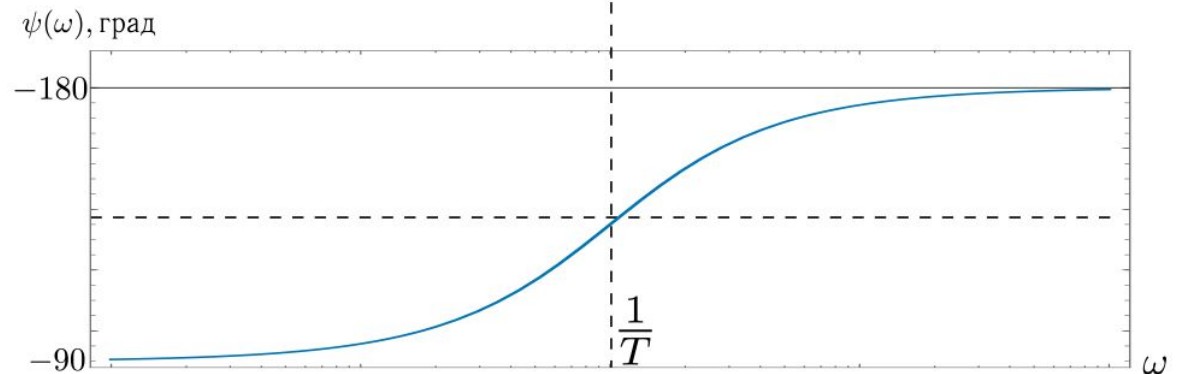
# Интегрирующее звено с замедлением

$$T\ddot{y}(t) + y(t) = kX(t)$$

ЛАЧ  
X



ЛФЧ  
X



# Интегрирующее звено с замедлением

## Примеры

- Двигатель
- Демпфер
- Серводвигатель

# Изодромное звено

Уравнение движения  $\dot{y}(t) = k_1 \dot{x}(t) + kx(t)$

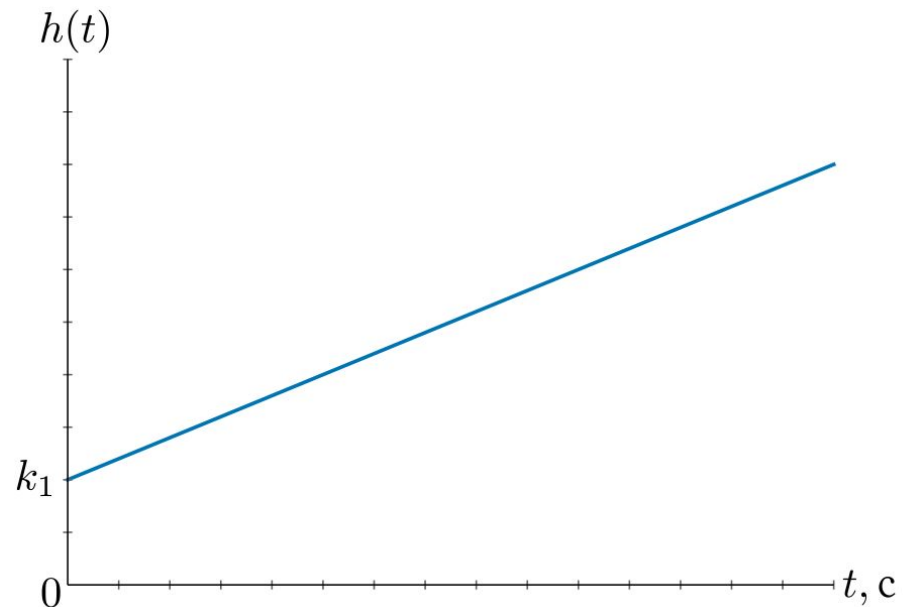
Передаточная функция

$$W(p) = \frac{k}{p} + k_1 = \frac{k(1 + T_p)}{p},$$

$T = \frac{k_1}{k}$  — постоянная времени

Переходная функция

$$h(t) = (kt + k_1)1(t)$$



# Изодромное звено

Уравнение движения  $\dot{y}(t) = k_1 \dot{x}(t) + kx(t)$

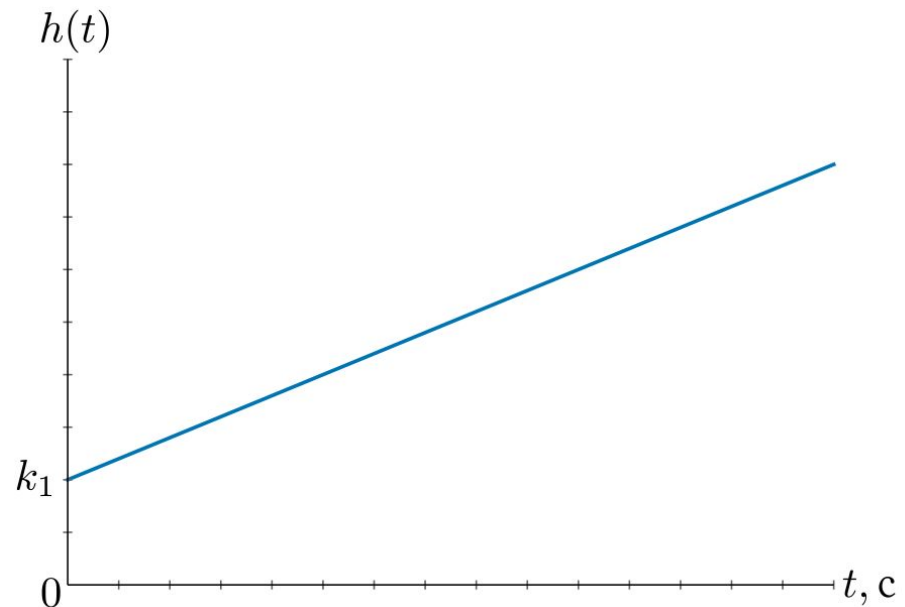
Передаточная функция

$$W(p) = \frac{k}{p} + k_1 = \frac{k(1 + T_p)}{p},$$

$T = \frac{k_1}{k}$  — постоянная времени

Переходная функция

$$h(t) = (kt + k_1)1(t)$$

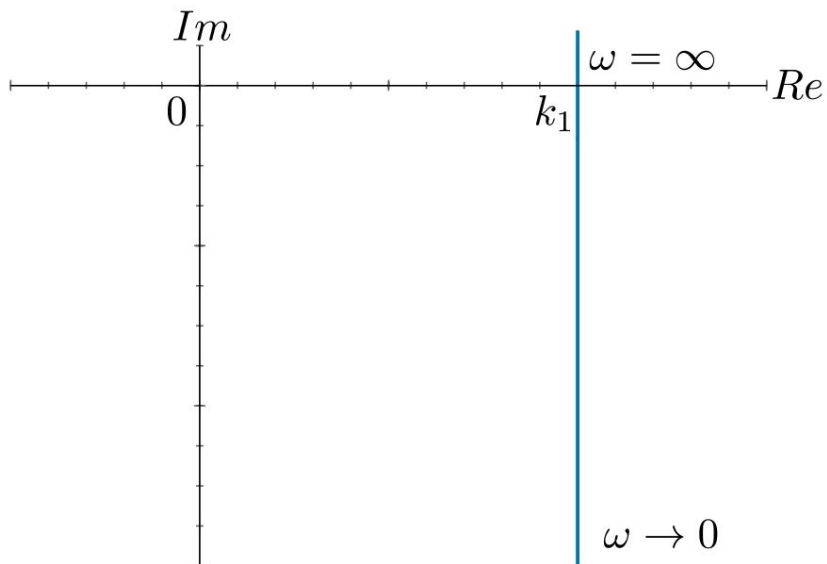


# Изодромное звено

$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = k_1 \dot{x}(t) + kx(t)$$

Частотная передаточная  
функция

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega} + k_1 = \frac{k(1 + j\omega T)}{j\omega}$$



# Изодромное звено

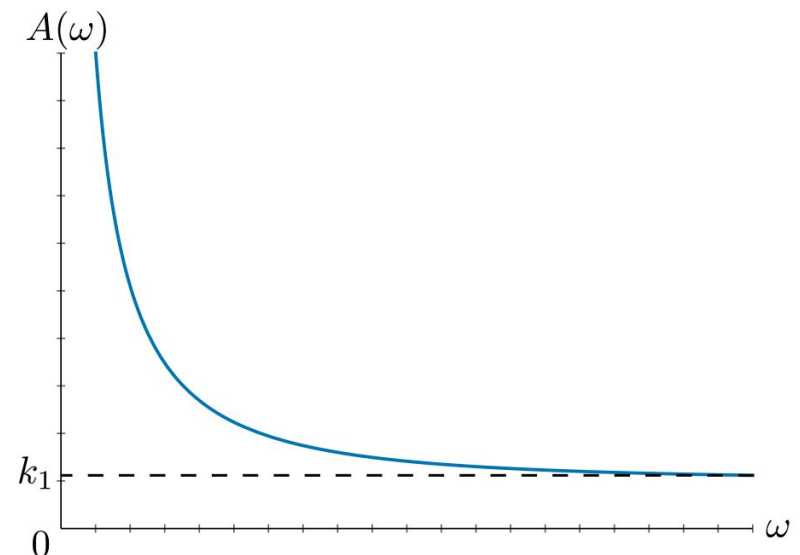
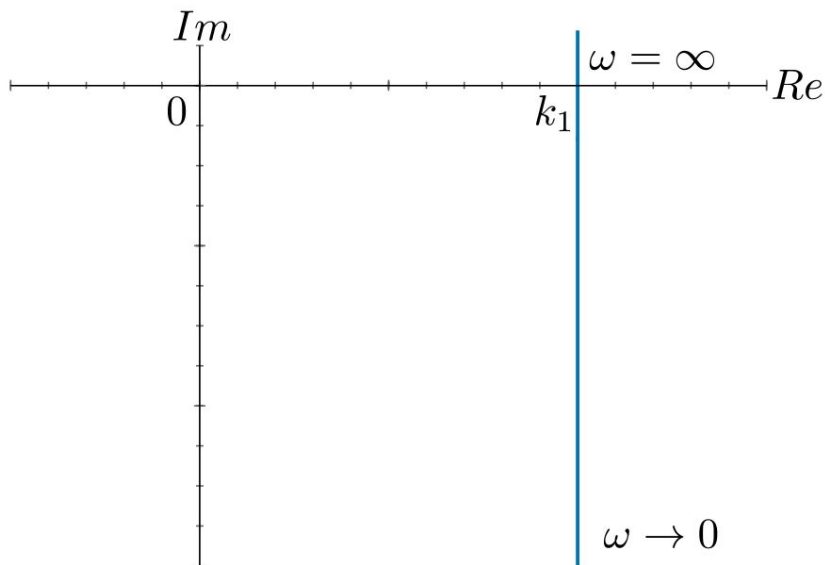
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = k_1 \dot{x}(t) + kx(t)$$

Частотная передаточная  
функция

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega} + k_1 = \frac{k(1 + j\omega T)}{j\omega}$$

АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = \frac{k}{\omega} \sqrt{1 + \omega^2 T^2},$$
$$\psi(\omega) = \text{arctg } \omega T - \frac{\pi}{2}$$

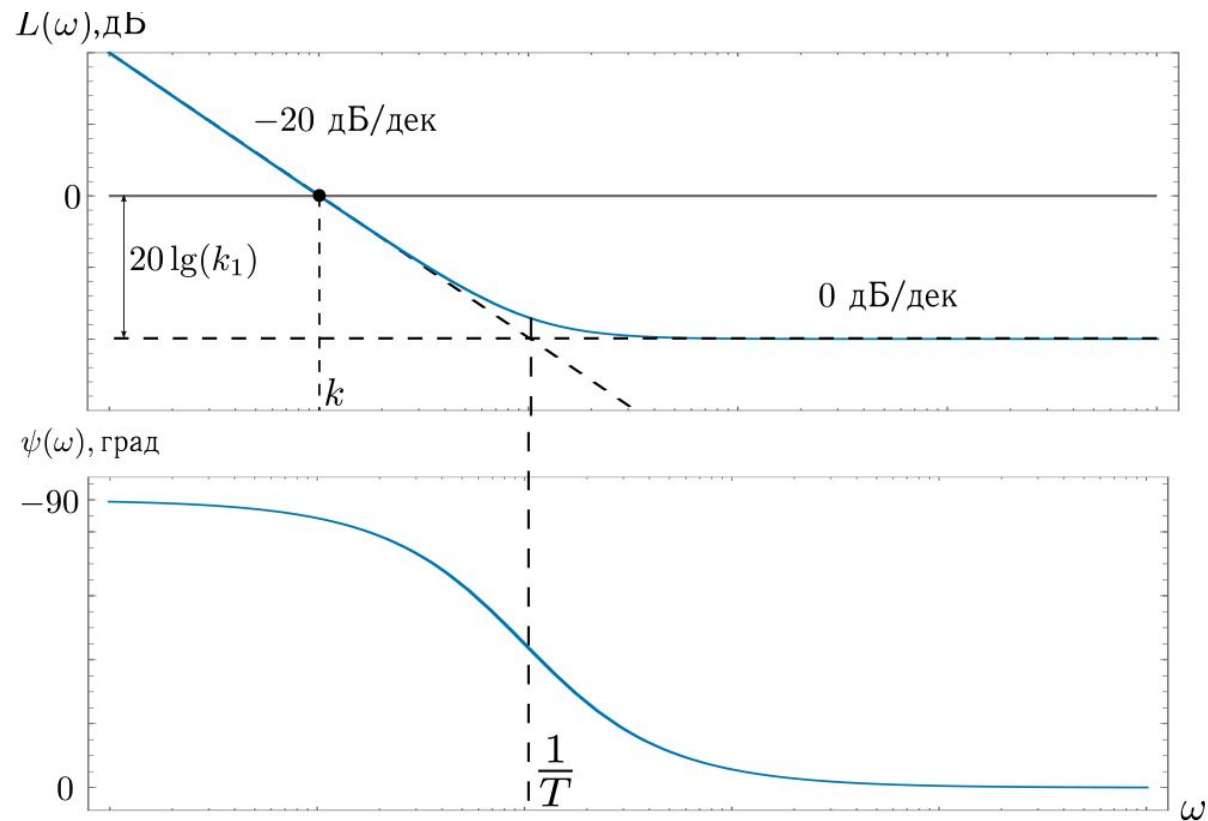




# Изодромное звено

$$\dot{y}(t) = k_1 \dot{x}(t) + kx(t)$$

ЛАЧ  
X



ЛФЧ  
X

# Изодромное звено

## Примеры

- Комбинация пружины и демпфера
- Операционный усилитель с RC-цепью в обратной связи