第 7 章 b：一阶微分方程

数学系　　梁卓滨

2018-2019 学年 II

提要

假设 $y = y(x)$ 为未知函数，本节探讨如何求解以下四种一阶微分方程：

- 变量分离的一阶微分方程
- 可分离变量的一阶微分方程
- 齐次微分方程
- 一阶线性微分方程

提要

假设 $y = y(x)$ 为未知函数，本节探讨如何求解以下四种一阶微分方程：

- 变量分离的一阶微分方程

$$g(y)dy = f(x)dx$$

- 可分离变量的一阶微分方程
- 齐次微分方程
- 一阶线性微分方程

提要

假设 $y = y(x)$ 为未知函数，本节探讨如何求解以下四种一阶微分方程：

- 变量分离的一阶微分方程

$$g(y)dy = f(x)dx$$

- 可分离变量的一阶微分方程

$$y' = f(x) \cdot g(y)$$

- 齐次微分方程

- 一阶线性微分方程

提要

假设 $y = y(x)$ 为未知函数，本节探讨如何求解以下四种一阶微分方程：

- 变量分离的一阶微分方程

$$g(y)dy = f(x)dx$$

- 可分离变量的一阶微分方程

$$y' = f(x) \cdot g(y)$$

- 齐次微分方程

$$y' = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$$

- 一阶线性微分方程

提要

假设 $y=y(x)$ 为未知函数，本节探讨如何求解以下四种一阶微分方程：

- 变量分离的一阶微分方程
$$g(y)dy=f(x)dx$$
- 可分离变量的一阶微分方程
$$y'=f(x)\cdot g(y)$$
- 齐次微分方程
$$y'=\varphi\left(\frac{y}{x}\right)$$
- 一阶线性微分方程
$$y'+p(x)y=q(x)$$

We are here now...

♦ 变量分离的一阶微分方程

♣ 可分离变量的一阶微分方程

♥ 齐次微分方程

♠ 一阶线性微分方程

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$
\begin{aligned}
g(y)dy = f(x)dx \quad &\Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx \\
&\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2 \\
&\Longrightarrow
\end{aligned}
$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$
\begin{aligned}
g(y)dy = f(x)dx \quad &\Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx \\
&\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2 \\
&\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}
\end{aligned}
$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $$G(y) = F(x) + C$$

两边求 x 关于的导数：

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$
$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$
$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $\qquad G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于的导数：

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y)\cdot$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $$G(y(x)) = F(x) + C$$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y) \cdot y'$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \implies \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\implies G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\implies G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于于的导数：

$$G'(y) \cdot y' = F'(x)$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad （不必写成\ y = y(x)）$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $\qquad G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y) \cdot y' = F'(x) \quad \Longrightarrow \quad g(y)y'$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \implies \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\implies G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\implies G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y) \cdot y' = F'(x) \implies g(y)y' = f(x)$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \implies \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\implies G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\implies G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $\quad G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y) \cdot y' = F'(x) \implies g(y)y' = f(x) \implies y' = \frac{f(x)}{g(y)}$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \implies \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\implies G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\implies G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $$G(y(x)) = F(x) + C$$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y) \cdot y' = F'(x) \implies g(y)y' = f(x) \implies y' = \frac{f(x)}{g(y)}$$

$$\implies dy = \frac{f(x)}{g(y)}dx$$

变量已分离的一阶微分方程：$g(y)dy = f(x)dx$

计算通解的方法：

$$g(y)dy = f(x)dx \quad \Longrightarrow \quad \int g(y)dy = \int f(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) + C_1 = F(x) + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad G(y) = F(x) + C \qquad \text{（不必写成 } y = y(x)\text{）}$$

其中 $F(x)$, $G(y)$ 分别是 $f(x)$, $g(y)$ 的一个原函数，$C = C_2 - C_1$

验证：对关系式 $\qquad G(y(x)) = F(x) + C$

两边求 x 关于的导数：

$$G'(y) \cdot y' = F'(x) \quad \Longrightarrow \quad g(y)y' = f(x) \quad \Longrightarrow \quad y' = \frac{f(x)}{g(y)}$$

$$\Longrightarrow \quad dy = \frac{f(x)}{g(y)}dx \quad \Longrightarrow \quad g(y)dy = f(x)dx$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \qquad \Longrightarrow$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 +$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y +$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 =$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \qquad \Longrightarrow \qquad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x +$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \qquad \Longrightarrow \qquad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 2 求 $ydy = xdx$ 的通解

解

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 2 求 $ydy = xdx$ 的通解

解 两边积分

$$\int ydy = \int xdx \quad \Longrightarrow$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 2 求 $ydy = xdx$ 的通解

解 两边积分

$$\int ydy = \int xdx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + C_1 =$$

暨南大学 JINAN UNIVERSITY

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 2 求 $ydy = xdx$ 的通解

解 两边积分

$$\int ydy = \int xdx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + C_1 = \frac{1}{2}x^2 + C_2$$

$$\Longrightarrow$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 2 求 $ydy = xdx$ 的通解

解 两边积分

$$\int ydy = \int xdx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + C_1 = \frac{1}{2}x^2 + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad y^2 = x^2 + 2(C_2 - C_1)$$

$$\Longrightarrow$$

例 1 求 $(y+1)dy = e^x dx$ 的通解

解 两边积分

$$\int (y+1)dy = \int e^x dx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y + C_1 = e^x + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C_2 - C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + y = e^x + C$$

例 2 求 $ydy = xdx$ 的通解

解 两边积分

$$\int ydy = \int xdx \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 + C_1 = \frac{1}{2}x^2 + C_2$$

$$\Longrightarrow \quad y^2 = x^2 + 2(C_2 - C_1)$$

$$\Longrightarrow \quad y^2 = x^2 + C$$

We are here now...

♦ 变量分离的一阶微分方程

♣ 可分离变量的一阶微分方程

♥ 齐次微分方程

♠ 一阶线性微分方程

可分离变量的一阶微分方程：$y' = f(x) \cdot g(y)$

计算通解的方法：

$$y' = f(x) \cdot g(y) \quad \Longrightarrow$$

可分离变量的一阶微分方程：$y' = f(x) \cdot g(y)$

计算通解的方法：

$$y' = f(x) \cdot g(y) \quad \Longrightarrow \quad \frac{dy}{dx} = f(x) \cdot g(y)$$

$$\Longrightarrow$$

可分离变量的一阶微分方程：$y' = f(x) \cdot g(y)$

计算通解的方法：

$$y' = f(x) \cdot g(y) \quad \Longrightarrow \quad \frac{dy}{dx} = f(x) \cdot g(y)$$

$$\Longrightarrow \quad dy = f(x) \cdot g(y) dx$$

$$\Longrightarrow$$

可分离变量的一阶微分方程：$y' = f(x) \cdot g(y)$

计算通解的方法：

$$\begin{aligned} y' = f(x) \cdot g(y) \quad &\Longrightarrow \quad \frac{dy}{dx} = f(x) \cdot g(y) \\ &\Longrightarrow \quad dy = f(x) \cdot g(y) dx \\ &\Longrightarrow \quad \frac{1}{g(y)} dy = f(x) dx \\ &\Longrightarrow \end{aligned}$$

可分离变量的一阶微分方程：$y' = f(x) \cdot g(y)$

计算通解的方法：

$$
\begin{aligned}
y' = f(x) \cdot g(y) \quad &\Longrightarrow \quad \frac{dy}{dx} = f(x) \cdot g(y) \\
&\Longrightarrow \quad dy = f(x) \cdot g(y) dx \\
&\Longrightarrow \quad \frac{1}{g(y)} dy = f(x) dx \\
&\Longrightarrow \quad \int \frac{1}{g(y)} dy = \int f(x) dx
\end{aligned}
$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f}df = \gamma \int dt$$

$$\Longrightarrow$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f}df = \gamma \int dt$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|f| =$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f}df = \gamma \int dt$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|f| = \gamma t +$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f} df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f} df = \gamma \int dt$$

$$\Longrightarrow \quad \ln |f| = \gamma t + C_1$$

$$\Longrightarrow$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{df}{dt} = \gamma f \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f}df = \gamma \int dt$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|f| = \gamma t + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad |f| = e^{\gamma t + C_1}$$

$$\Longrightarrow$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\begin{aligned}
\frac{df}{dt} = \gamma f \quad &\Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f}df = \gamma \int dt \\
&\Longrightarrow \quad \ln|f| = \gamma t + C_1 \\
&\Longrightarrow \quad |f| = e^{\gamma t + C_1} \\
&\Longrightarrow \quad f = \pm e^{C_1} \cdot e^{\gamma t}
\end{aligned}$$

回忆 一阶常微分方程

$$f'(t) = \gamma f(t), \qquad \gamma\text{是常数}$$

的通解是

$$f(t) = Ce^{\gamma t}$$

请问如何求出此通解？

解 这是可分离变量微分方程

$$\begin{aligned}
\frac{df}{dt} = \gamma f \quad &\Longrightarrow \quad \frac{1}{f}df = \gamma dt \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{f}df = \gamma \int dt \\
&\Longrightarrow \quad \ln|f| = \gamma t + C_1 \\
&\Longrightarrow \quad |f| = e^{\gamma t + C_1} \\
&\Longrightarrow \quad f = \pm e^{C_1} \cdot e^{\gamma t} = Ce^{\gamma t}
\end{aligned}$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解

例 1 求 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1} = 3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \quad \Longrightarrow$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1} = 3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \quad \Longrightarrow \quad y\,dy = -x\,dx \quad \Longrightarrow$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \quad\Longrightarrow\quad ydy=-xdx \quad\Longrightarrow \int ydy=\int -xdx$$

$$\Longrightarrow$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \implies ydy=-xdx \implies \int ydy=\int -xdx$$

$$\implies \frac{1}{2}y^2=$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1} = 3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \quad \Longrightarrow \quad ydy = -xdx \quad \Longrightarrow \int ydy = \int -xdx$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 = -\frac{1}{2}x^2 +$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \Longrightarrow ydy=-xdx \Longrightarrow \int ydy=\int -xdx$$

$$\Longrightarrow \frac{1}{2}y^2=-\frac{1}{2}x^2+C_1$$

$$\Longrightarrow$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \quad\Longrightarrow\quad ydy=-xdx \quad\Longrightarrow \int ydy=\int -xdx$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2=-\frac{1}{2}x^2+C_1$$

$$\Longrightarrow \quad x^2+y^2=2C_1$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1} = 3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \quad \Longrightarrow \quad ydy = -xdx \quad \Longrightarrow \int ydy = \int -xdx$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 = -\frac{1}{2}x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad x^2 + y^2 = 2C_1 = C$$

例 1 求 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1} = 3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \implies ydy = -xdx \implies \int ydy = \int -xdx$$

$$\implies \frac{1}{2}y^2 = -\frac{1}{2}x^2 + C_1$$

$$\implies x^2 + y^2 = 2C_1 = C$$

所以

- 通解为 $x^2 + y^2 = C$（C 为任意常数）

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \quad\Longrightarrow\quad ydy=-xdx \quad\Longrightarrow \int ydy=\int -xdx$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2=-\frac{1}{2}x^2+C_1$$

$$\Longrightarrow \quad x^2+y^2=2C_1=C$$

所以

- 通解为 $x^2+y^2=C$（C 为任意常数）
- 当 $x=1$ 时 $y=3$，则

例 1 求 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1} = 3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \quad \Longrightarrow \quad ydy = -xdx \quad \Longrightarrow \int ydy = \int -xdx$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{1}{2}y^2 = -\frac{1}{2}x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad x^2 + y^2 = 2C_1 = C$$

所以

- 通解为 $x^2 + y^2 = C$（C 为任意常数）
- 当 $x = 1$ 时 $y = 3$，则 $1^2 + 3^2 = C \quad \Rightarrow$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \quad\Longrightarrow\quad ydy=-xdx \quad\Longrightarrow \int ydy=\int -xdx$$

$$\Longrightarrow\quad \frac{1}{2}y^2=-\frac{1}{2}x^2+C_1$$

$$\Longrightarrow\quad x^2+y^2=2C_1=C$$

所以

- 通解为 $x^2+y^2=C$（C 为任意常数）
- 当 $x=1$ 时 $y=3$，则 $1^2+3^2=C \quad\Rightarrow\quad C=10$

例 1 求 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}$ 的通解，以及在初始条件 $y\big|_{x=1}=3$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y} \quad\Longrightarrow\quad ydy=-xdx \quad\Longrightarrow \int ydy=\int -xdx$$

$$\Longrightarrow\quad \frac{1}{2}y^2=-\frac{1}{2}x^2+C_1$$

$$\Longrightarrow\quad x^2+y^2=2C_1=C$$

所以

- 通解为 $x^2+y^2=C$（C 为任意常数）
- 当 $x=1$ 时 $y=3$，则 $1^2+3^2=C \quad\Rightarrow\quad C=10$

  所以特解是 $x^2+y^2=10$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow$$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^{y} dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow$$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow$$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^y =$$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^y = \frac{1}{2} e^{2x}$$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^{y} dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^{y} dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^{y} = \frac{1}{2} e^{2x} + C$$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad &\Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx \\ &\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx \\ &\Longrightarrow \quad e^y = \frac{1}{2} e^{2x} + C \end{aligned}$$

所以

- 通解为 $e^y = \frac{1}{2}e^{2x} + C$（$C$ 为任意常数）

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^y = \frac{1}{2} e^{2x} + C$$

所以

- 通解为 $e^y = \frac{1}{2}e^{2x} + C$（$C$ 为任意常数）
- 当 $x = 0$ 时 $y = 0$，则

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^{y} dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^{y} dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^{y} = \frac{1}{2} e^{2x} + C$$

所以

- 通解为 $e^{y} = \frac{1}{2}e^{2x} + C$（$C$ 为任意常数）
- 当 $x = 0$ 时 $y = 0$，则 $1 = \frac{1}{2} + C \quad \Rightarrow$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^y = \frac{1}{2} e^{2x} + C$$

所以

- 通解为 $e^y = \frac{1}{2} e^{2x} + C$（$C$ 为任意常数）
- 当 $x = 0$ 时 $y = 0$，则 $1 = \frac{1}{2} + C \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2}$

例 2 求 $y' = e^{2x-y}$ 的通解及在初始条件 $y\big|_{x=0} = 0$ 下的特解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = e^{2x} \cdot e^{-y} \quad \Longrightarrow \quad e^y dy = e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad \int e^y dy = \int e^{2x} dx$$

$$\Longrightarrow \quad e^y = \frac{1}{2} e^{2x} + C$$

所以

- 通解为 $e^y = \frac{1}{2}e^{2x} + C$（$C$ 为任意常数）
- 当 $x = 0$ 时 $y = 0$，则 $1 = \frac{1}{2} + C \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2}$

  所以特解是 $e^y = \frac{1}{2}e^{2x} + \frac{1}{2}$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad \Longrightarrow$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad \Longrightarrow$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \implies \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \implies \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\implies$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y| =$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y| = -\ln|x|$$

暨南大学 JINAN UNIVERSITY

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \implies \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \implies \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\implies \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\implies$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|xy| = C_1$$

$$\Longrightarrow$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad\Longrightarrow\quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad\Longrightarrow\quad \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\Longrightarrow\quad \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Longrightarrow\quad \ln|xy| = C_1$$

$$\Longrightarrow\quad |xy| = e^{C_1}$$

$$\Longrightarrow$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$
\begin{aligned}
\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad &\Longrightarrow \quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \\
&\Longrightarrow \quad \ln|y| = -\ln|x| + C_1 \\
&\Longrightarrow \quad \ln|xy| = C_1 \\
&\Longrightarrow \quad |xy| = e^{C_1} \\
&\Longrightarrow \quad xy = \pm e^{C_1} =
\end{aligned}
$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \implies \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \implies \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx$$

$$\implies \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\implies \ln|xy| = C_1$$

$$\implies |xy| = e^{C_1}$$

$$\implies xy = \pm e^{C_1} = C$$

例 3 求 $y' = -\frac{y}{x}$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$
\begin{aligned}
\frac{dy}{dx} = -\frac{y}{x} \quad &\Longrightarrow \quad \frac{1}{y}dy = -\frac{1}{x}dx \quad \Longrightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \\
&\Longrightarrow \quad \ln|y| = -\ln|x| + C_1 \\
&\Longrightarrow \quad \ln|xy| = C_1 \\
&\Longrightarrow \quad |xy| = e^{C_1} \\
&\Longrightarrow \quad xy = \pm e^{C_1} = C
\end{aligned}
$$

所以通解就是

$$xy = C$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{y-3}dy = \quad 2xdx$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3} dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3} dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y-3| =$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3}dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y-3| = x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3}dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y-3| = x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad |y-3| = e^{x^2+C_1} =$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \implies \int \frac{1}{y-3}dy = \int 2x dx$$

$$\implies \ln|y-3| = x^2 + C_1$$

$$\implies |y-3| = e^{x^2+C_1} = e^{C_1} \cdot e^{x^2}$$

$$\implies$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3}dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y-3| = x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad |y-3| = e^{x^2+C_1} = e^{C_1} \cdot e^{x^2}$$

$$\Longrightarrow \quad y - 3 = \pm e^{C_1} \cdot e^{x^2} =$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\begin{aligned}
\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad &\Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3}dy = \int 2x dx \\
&\Longrightarrow \quad \ln|y-3| = x^2 + C_1 \\
&\Longrightarrow \quad |y-3| = e^{x^2+C_1} = e^{C_1} \cdot e^{x^2} \\
&\Longrightarrow \quad y-3 = \pm e^{C_1} \cdot e^{x^2} = Ce^{x^2} \\
&\Longrightarrow
\end{aligned}$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3} dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y-3| = x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad |y-3| = e^{x^2+C_1} = e^{C_1} \cdot e^{x^2}$$

$$\Longrightarrow \quad y-3 = \pm e^{C_1} \cdot e^{x^2} = Ce^{x^2}$$

$$\Longrightarrow \quad y = C \cdot e^{x^2} + 3$$

例 4 求 $y' = 2xy - 6x$ 的通解

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx} = 2x(y-3) \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y-3} dy = \int 2x dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y-3| = x^2 + C_1$$

$$\Longrightarrow \quad |y-3| = e^{x^2+C_1} = e^{C_1} \cdot e^{x^2}$$

$$\Longrightarrow \quad y-3 = \pm e^{C_1} \cdot e^{x^2} = Ce^{x^2}$$

$$\Longrightarrow \quad y = C \cdot e^{x^2} + 3$$

所以通解就是

$$y = C \cdot e^{x^2} + 3$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Longrightarrow$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Longrightarrow\quad \frac{1}{y}dy= \quad -p(x)dx$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Longrightarrow\quad \int\frac{1}{y}dy=\int-p(x)dx$$

$$\Longrightarrow$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx$$

$$\Longrightarrow \quad \ln|y|=$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Longrightarrow\quad \int\frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx$$

$$\Longrightarrow\quad \ln|y|=-P(x)+C_1$$

$$\Longrightarrow$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Longrightarrow\quad \int\frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx$$

$$\Longrightarrow\quad \ln|y|=-P(x)+C_1$$

$$\Longrightarrow\quad |y|=e^{-P(x)+C_1}=$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \implies \int \frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx$$

$$\implies \ln|y|=-P(x)+C_1$$

$$\implies |y|=e^{-P(x)+C_1}=e^{C_1}\cdot e^{-P(x)}$$

$$\implies$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。

例 5 求 $\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$
\begin{aligned}
\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad & \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y} dy = \int -p(x) dx \\
& \Longrightarrow \quad \ln|y| = -P(x) + C_1 \\
& \Longrightarrow \quad |y| = e^{-P(x)+C_1} = e^{C_1} \cdot e^{-P(x)} \\
& \Longrightarrow \quad y = \pm e^{C_1} \cdot e^{-P(x)} =
\end{aligned}
$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$
\begin{aligned}
\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad &\Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx \\
&\Longrightarrow \quad \ln|y|=-P(x)+C_1 \\
&\Longrightarrow \quad |y|=e^{-P(x)+C_1}=e^{C_1}\cdot e^{-P(x)} \\
&\Longrightarrow \quad y=\pm e^{C_1}\cdot e^{-P(x)}=Ce^{-P(x)}
\end{aligned}
$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad &\Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx \\ &\Longrightarrow \quad \ln|y|=-P(x)+C_1 \\ &\Longrightarrow \quad |y|=e^{-P(x)+C_1}=e^{C_1}\cdot e^{-P(x)} \\ &\Longrightarrow \quad y=\pm e^{C_1}\cdot e^{-P(x)}=Ce^{-P(x)}\end{aligned}$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。所以通解就是

$$y=Ce^{-P(x)}$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$
\begin{aligned}
\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad & \Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx \\
& \Longrightarrow \quad \ln|y|=-P(x)+C_1 \\
& \Longrightarrow \quad |y|=e^{-P(x)+C_1}=e^{C_1}\cdot e^{-P(x)} \\
& \Longrightarrow \quad y=\pm e^{C_1}\cdot e^{-P(x)}=Ce^{-P(x)}
\end{aligned}
$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。所以通解就是

$$y=Ce^{-P(x)}$$

注 上述的通解也写作 $$y=Ce^{-\int p(x)dx}$$

例 5 求 $\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$ 的通解，其中 $p(x)$ 是已知函数。

解 这是可分离变量微分方程

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad &\Longrightarrow \quad \int \frac{1}{y}dy=\int -p(x)dx \\ &\Longrightarrow \quad \ln|y| = -P(x)+C_1 \\ &\Longrightarrow \quad |y| = e^{-P(x)+C_1} = e^{C_1}\cdot e^{-P(x)} \\ &\Longrightarrow \quad y=\pm e^{C_1}\cdot e^{-P(x)} = Ce^{-P(x)}\end{aligned}$$

其中 $P(x)$ 是 $p(x)$ 的一个原函数。所以通解就是

$$y = Ce^{-P(x)}$$

注 上述的通解也写作 $$y = Ce^{-\int p(x)dx}$$

这里 $\int p(x)dx$ 仅表示 $p(x)$ 的一个原函数，不含积分常数。

We are here now...

♦ 变量分离的一阶微分方程

♣ 可分离变量的一阶微分方程

♥ 齐次微分方程

♠ 一阶线性微分方程

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u)$$

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} =$$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} = \varphi(u)$$

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad x\frac{du}{dx} = \varphi(u) - u$$

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad x\frac{du}{dx} = \varphi(u) - u$$

2. 分离变量：

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad x\frac{du}{dx} = \varphi(u) - u$$

2. 分离变量：

$$\frac{du}{\varphi(u) - u} = \frac{dx}{x}$$

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad x\frac{du}{dx} = \varphi(u) - u$$

2. 分离变量：

$$\frac{du}{\varphi(u) - u} = \frac{dx}{x} \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{du}{\varphi(u) - u} = \int \frac{dx}{x}$$

齐次微分方程：$\frac{dy}{dx} = \varphi\left(\frac{y}{x}\right)$

计算通解步骤：

1. 作变量代换 $u = \frac{y}{x}$，$y = xu$，并代入原方程：

$$\frac{d}{dx}(xu) = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad u + x\frac{du}{dx} = \varphi(u) \quad \Longrightarrow \quad x\frac{du}{dx} = \varphi(u) - u$$

2. 分离变量：

$$\frac{du}{\varphi(u) - u} = \frac{dx}{x} \quad \Longrightarrow \quad \int \frac{du}{\varphi(u) - u} = \int \frac{dx}{x}$$

3. 还原变量：求出积分后，将 $\frac{y}{x}$ 代替 u

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$

$$\frac{d}{dx}(\quad)=\frac{u^2}{u-1}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy - x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy - x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x - 1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(\quad) = \frac{u^2}{u - 1}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$ （$y=ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux)=\frac{u^2}{u-1}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$ （$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux) = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{u^2}{u-1}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$（$y=ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux)=\frac{u^2}{u-1} \quad\Rightarrow\quad u'x+u=\frac{u^2}{u-1} \quad\Rightarrow\quad u'x=\frac{u}{u-1}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux) = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$（$y=ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux)=\frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x+u=\frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x=\frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u}du=\frac{1}{x}dx$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy - x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x - 1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux) = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u}du = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int \left(1 - \frac{1}{u}\right) du = \int \frac{1}{x} dx$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$（$y=ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux)=\frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x+u=\frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x=\frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u}du=\frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int\left(1-\frac{1}{u}\right)du=\int\frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad u-\ln|u|=$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$（$y=ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux)=\frac{u^2}{u-1}\quad\Rightarrow\quad u'x+u=\frac{u^2}{u-1}\quad\Rightarrow\quad u'x=\frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u}du=\frac{1}{x}dx\quad\Rightarrow\quad\int\left(1-\frac{1}{u}\right)du=\int\frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow\quad u-\ln|u|=\ln|x|$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy - x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy - x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x - 1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux) = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u} du = \frac{1}{x} dx \quad \Rightarrow \quad \int \left(1 - \frac{1}{u}\right) du = \int \frac{1}{x} dx$$

$$\Rightarrow \quad u - \ln|u| = \ln|x| + C_1$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux) = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u}du = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int \left(1 - \frac{1}{u}\right) du = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad u - \ln|u| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow \quad e^u = Cux$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2}{xy - x^2} = \frac{y^2/x^2}{y/x - 1}$$

2. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$ （$y = ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux) = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{u^2}{u-1} \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\frac{u-1}{u}du = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int\left(1 - \frac{1}{u}\right)du = \int\frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad u - \ln|u| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow \quad e^u = Cux$$

4. 还原变量(代回 $u = y/x$)：

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}$ 的通解

解 1. 化为齐次方程

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y^2}{xy-x^2}=\frac{y^2/x^2}{y/x-1}$$

2. 变量代换：$u=\frac{y}{x}$（$y=ux$）

$$\frac{d}{dx}(ux)=\frac{u^2}{u-1} \quad\Rightarrow\quad u'x+u=\frac{u^2}{u-1} \quad\Rightarrow\quad u'x=\frac{u}{u-1}$$

3. 分离变量

$$\begin{aligned}\frac{u-1}{u}du=\frac{1}{x}dx \quad &\Rightarrow\quad \int\left(1-\frac{1}{u}\right)du=\int\frac{1}{x}dx\\ &\Rightarrow\quad u-\ln|u|=\ln|x|+C_1\\ &\Rightarrow\quad e^u=Cux\end{aligned}$$

4. 还原变量(代回 $u=y/x$)：

$$e^{y/x}=Cy$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$

$$(\quad)' = \frac{1}{u} + u$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $\quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(\quad)' = \frac{1}{u} + u$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $\quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $\quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $\quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 =$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x|$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1 \quad \Rightarrow \quad e^{\frac{1}{2}u^2} = Cx$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $\quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1 \quad \Rightarrow \quad e^{\frac{1}{2}u^2} = Cx$$

3. 还原变量(代回 $u = y/x$)：

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1 \quad \Rightarrow \quad e^{\frac{1}{2}u^2} = Cx$$

3. 还原变量(代回 $u = y/x$)：

$$e^{\frac{y^2}{2x^2}} = Cx$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}$, $\quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1 \quad \Rightarrow \quad e^{\frac{1}{2}u^2} = Cx$$

3. 还原变量(代回 $u = y/x$)：

$$e^{\frac{y^2}{2x^2}} = Cx$$

4. 代入初始值

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1 \quad \Rightarrow \quad e^{\frac{1}{2}u^2} = Cx$$

3. 还原变量(代回 $u = y/x$)：

$$e^{\frac{y^2}{2x^2}} = Cx$$

4. 代入初始值

$$e^2 = C$$

例 2 求微分方程 $y' = \frac{x}{y} + \frac{y}{x}, \quad y|_{x=1} = 2$ 的解

解 1. 变量代换：$u = \frac{y}{x}$（$y = ux$）

$$(ux)' = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x + u = \frac{1}{u} + u \quad \Rightarrow \quad u'x = \frac{1}{u}$$

2. 分离变量：

$$udu = \frac{1}{x}dx \quad \Rightarrow \quad \int udu = \int \frac{1}{x}dx$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}u^2 = \ln|x| + C_1 \quad \Rightarrow \quad e^{\frac{1}{2}u^2} = Cx$$

3. 还原变量(代回 $u = y/x$)：

$$e^{\frac{y^2}{2x^2}} = Cx$$

4. 代入初始值

$$e^2 = C$$

所以 $e^{\frac{y^2}{2x^2}} = e^2 x$

We are here now...

♦ 变量分离的一阶微分方程

♣ 可分离变量的一阶微分方程

♥ 齐次微分方程

♠ 一阶线性微分方程

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x), q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x), q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$			
$y' = y \sin x + e^x$			
$y' = \frac{2y}{x+1}$			

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y\sin x + e^x$			
$y' = \frac{2y}{x+1}$			

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x), q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y \sin x + e^x$	✓		
$y' = \frac{2y}{x+1}$			

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x), q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y\sin x + e^x$	✓	$-\sin x$	
$y' = \frac{2y}{x+1}$			

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	$\times$		
$y' = y\sin x + e^x$	$\checkmark$	$-\sin x$	e^x
$y' = \frac{2y}{x+1}$			

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y \sin x + e^x$	✓	$-\sin x$	e^x
$y' = \frac{2y}{x+1}$	✓		

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y=y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y'=y^2+\sin x$	×		
$y'=y\sin x+e^x$	✓	$-\sin x$	e^x
$y'=\frac{2y}{x+1}$	✓	$-\frac{2}{x+1}$	

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y\sin x + e^x$	✓	$-\sin x$	e^x
$y' = \frac{2y}{x+1}$	✓	$-\frac{2}{x+1}$	0

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y=y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y'=y^2+\sin x$	×		
$y'=y\sin x+e^x$	✓	$-\sin x$	e^x
$y'=\frac{2y}{x+1}$	✓	$-\frac{2}{x+1}$	0

- 当 $q(x)\equiv 0$ 时，

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0$$

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y\sin x + e^x$	✓	$-\sin x$	e^x
$y' = \frac{2y}{x+1}$	✓	$-\frac{2}{x+1}$	0

- 当 $q(x) \equiv 0$ 时，

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0$$

称为一阶齐次线性微分方程

- 一阶线性微分方程形的标准形式：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$$

其中 $p(x)$, $q(x)$ 是已知函数，$y = y(x)$ 是未知函数。

例

	是否一阶线性？	$p(x)$	$q(x)$
$y' = y^2 + \sin x$	×		
$y' = y\sin x + e^x$	✓	$-\sin x$	e^x
$y' = \frac{2y}{x+1}$	✓（齐次）	$-\frac{2}{x+1}$	0

- 当 $q(x) \equiv 0$ 时，

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0$$

称为一阶齐次线性微分方程

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

2. 常数变易：

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0$$

2. 常数变易：

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dy}{y} = \quad -p(x)dx$$

2. 常数变易：

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx$$

2. 常数变易：

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Rightarrow\quad \int\frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad\Rightarrow\quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x) \;\Rightarrow$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x) \ \Rightarrow \ \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)' +$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \;\Rightarrow\; \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Rightarrow \quad \int\frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \Rightarrow \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Rightarrow\quad \int\frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad\Rightarrow\quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \;\Rightarrow\; \boxed{\left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'}+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \quad \Rightarrow \quad \boxed{\left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'}+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

$$\boxed{=u'(x)e^{\int -p(x)dx}+u(x)\left(e^{\int -p(x)dx}\right)'}$$

求解一阶线性微分方程：$\dfrac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Rightarrow\quad \int\frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad\Rightarrow\quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \;\Rightarrow\; \boxed{\left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'}+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

$$\boxed{\begin{aligned}&=u'(x)e^{\int -p(x)dx}+u(x)\left(e^{\int -p(x)dx}\right)'\\&=u'(x)e^{\int -p(x)dx}+u(x)e^{\int -p(x)dx}\left(\int -p(x)dx\right)'\end{aligned}}$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x) \;\Rightarrow\; \boxed{\left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'} + p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx} = q(x)$$

$$\boxed{\begin{aligned} &= u'(x)e^{\int -p(x)dx} + u(x)\left(e^{\int -p(x)dx}\right)' \\ &= u'(x)e^{\int -p(x)dx} + u(x)e^{\int -p(x)dx}\left(\int -p(x)dx\right)' \\ &= u'(x)e^{\int -p(x)dx} + u(x)e^{\int -p(x)dx}(-p(x)) \end{aligned}}$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Rightarrow \quad \int\frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \Rightarrow \boxed{\left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'}+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

$$\Rightarrow u'(x)e^{-\int p(x)dx}=q(x)$$

$$\boxed{\begin{aligned}&=u'(x)e^{\int -p(x)dx}+u(x)\left(e^{\int -p(x)dx}\right)'\\&=u'(x)e^{\int -p(x)dx}+u(x)e^{\int -p(x)dx}\left(\int -p(x)dx\right)'\\&=u'(x)e^{\int -p(x)dx}+u(x)e^{\int -p(x)dx}(-p(x))\end{aligned}}$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x) \Rightarrow \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)' + p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx} = q(x)$$

$$\Rightarrow u'(x)e^{-\int p(x)dx} = q(x)$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x) \Rightarrow \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)' + p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx} = q(x)$$

$$\Rightarrow u'(x) \qquad = q(x)e^{\int p(x)dx}$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = 0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y} = \int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y = Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = q(x) \Rightarrow \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)' + p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx} = q(x)$$

$$\Rightarrow u'(x) = q(x)e^{\int p(x)dx}$$

$$\Rightarrow u(x) = \int \left[q(x)e^{\int p(x)dx}\right]dx + C$$

求解一阶线性微分方程：$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad \Rightarrow \quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \Rightarrow \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

$$\Rightarrow u'(x) \qquad\qquad = q(x)e^{\int p(x)dx}$$

$$\Rightarrow u(x)=\int \left[q(x)e^{\int p(x)dx}\right]dx+C$$

$$\therefore \quad y=u(x)e^{\int -p(x)dx}=$$

求解一阶线性微分方程：$\dfrac{dy}{dx}+p(x)y=q(x)$

利用常数变易法求解，步骤：

1. 求解齐次部分：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=0 \quad\Rightarrow\quad \int\frac{dy}{y}=\int -p(x)dx \quad\Rightarrow\quad y=Ce^{\int -p(x)dx}$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)e^{\int -p(x)dx}$，代入原方程：

$$\frac{dy}{dx}+p(x)y=q(x) \Rightarrow \left(u(x)e^{\int -p(x)dx}\right)'+p(x)u(x)e^{\int -p(x)dx}=q(x)$$

$$\Rightarrow u'(x) \qquad = q(x)e^{\int p(x)dx}$$

$$\Rightarrow u(x)=\int\left[q(x)e^{\int p(x)dx}\right]dx+C$$

$$\therefore \quad y=u(x)e^{\int -p(x)dx}=\left(\int\left[q(x)e^{\int p(x)dx}\right]dx+C\right)e^{\int -p(x)dx}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

2. 常数变易:

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=0$$

2. 常数变易:

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \quad \frac{1}{y}dy = \quad \frac{2}{x+1}dx$$

2. 常数变易:

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx$$

2. 常数变易：

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| =$$

2. 常数变易：

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

2. 常数变易：

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot (x+1)^2$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int \frac{2}{x+1}dx \Rightarrow \ln|y|=2\ln|x+1|+C_1$$

$$\Rightarrow y=C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u\cdot(x+1)^2\right]' -$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot (x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u \cdot (x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1} \cdot u \cdot (x+1)^2$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot (x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u \cdot (x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1} \cdot u \cdot (x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot (x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u \cdot (x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1} \cdot u \cdot (x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u' \cdot (x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u\cdot(x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1}\cdot u\cdot(x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u'\cdot(x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}} \Rightarrow u' = (x+1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int \frac{2}{x+1}dx \Rightarrow \ln|y|=2\ln|x+1|+C_1$$

$$\Rightarrow y=C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u\cdot(x+1)^2\right]'-\frac{2}{x+1}\cdot u\cdot(x+1)^2=(x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u'\cdot(x+1)^2=(x+1)^{\frac{5}{2}} \Rightarrow u'=(x+1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow u(x)=\int(x+1)^{\frac{1}{2}}dx=$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u\cdot(x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1}\cdot u\cdot(x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u'\cdot(x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}} \Rightarrow u' = (x+1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow u(x) = \int (x+1)^{\frac{1}{2}} dx = \quad (x+1)^{\frac{3}{2}}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u\cdot(x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1}\cdot u\cdot(x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u'\cdot(x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}} \Rightarrow u' = (x+1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow u(x) = \int (x+1)^{\frac{1}{2}} dx = \frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}}$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int \frac{2}{x+1}dx \Rightarrow \ln|y|=2\ln|x+1|+C_1$$

$$\Rightarrow y=C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot(x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x+1}=(x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u\cdot(x+1)^2\right]'-\frac{2}{x+1}\cdot u\cdot(x+1)^2=(x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u'\cdot(x+1)^2=(x+1)^{\frac{5}{2}} \Rightarrow u'=(x+1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow u(x)=\int(x+1)^{\frac{1}{2}}dx=\frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}}+C$$

例 1 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int \frac{2}{x+1} dx \Rightarrow \ln|y| = 2\ln|x+1| + C_1$$

$$\Rightarrow y = C(x+1)^2$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot (x+1)^2$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow \left[u \cdot (x+1)^2\right]' - \frac{2}{x+1} \cdot u \cdot (x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}}$$

$$\Rightarrow u' \cdot (x+1)^2 = (x+1)^{\frac{5}{2}} \Rightarrow u' = (x+1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow u(x) = \int (x+1)^{\frac{1}{2}} dx = \frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}} + C$$

因此 $y = u(x) \cdot (x+1)^2 = \left[\frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}} + C\right](x+1)^2$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

2. 常数变易：

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0$$

2. 常数变易：

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \quad \frac{1}{y}dy = \quad \frac{1}{x}dx$$

2. 常数变易：

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx$$

2. 常数变易：

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| =$$

2. 常数变易：

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

2. 常数变易:

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y|=\ln|x|+C_1$$

$$\Rightarrow y=Cx$$

2. 常数变易：

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$$

$$\Rightarrow$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$$

$$\Rightarrow (u \cdot x)' -$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$$

$$\Rightarrow (u \cdot x)' - \frac{1}{x} \cdot u \cdot x$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$$

$$\Rightarrow (u \cdot x)' - \frac{1}{x} \cdot u \cdot x = \ln x$$

$$\Rightarrow$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$$

$$\Rightarrow (u \cdot x)' - \frac{1}{x} \cdot u \cdot x = \ln x$$

$$\Rightarrow u' \cdot x = \ln x$$

$$\Rightarrow$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = 0 \ \Rightarrow \ \int \frac{1}{y}dy = \int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = \ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow \ y = Cx$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = \ln x$$

$$\Rightarrow \ (u \cdot x)' - \frac{1}{x} \cdot u \cdot x = \ln x$$

$$\Rightarrow \ u' \cdot x = \ln x$$

$$\Rightarrow \ u(x) = \int \frac{1}{x} \ln x dx =$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=0 \Rightarrow \int\frac{1}{y}dy=\int\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y|=\ln|x|+C_1$$

$$\Rightarrow y=Cx$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$$

$$\Rightarrow (u\cdot x)'-\frac{1}{x}\cdot u\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u'\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u(x)=\int\frac{1}{x}\ln x dx=\int\ln x d\ln x=$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int \frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y|=\ln|x|+C_1$$

$$\Rightarrow y=Cx$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$$

$$\Rightarrow (u\cdot x)'-\frac{1}{x}\cdot u\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u'\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u(x)=\int \frac{1}{x}\ln x dx=\int \ln x d\ln x=\frac{1}{2}(\ln x)^2+C$$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=0 \Rightarrow \int\frac{1}{y}dy=\int\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y|=\ln|x|+C_1$$

$$\Rightarrow y=Cx$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$$

$$\Rightarrow (u\cdot x)'-\frac{1}{x}\cdot u\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u'\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u(x)=\int\frac{1}{x}\ln x dx=\int\ln x d\ln x=\frac{1}{2}(\ln x)^2+C$$

因此 $y=u(x)\cdot x=$

例 2 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=0 \Rightarrow \int\frac{1}{y}dy=\int\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y|=\ln|x|+C_1$$

$$\Rightarrow y=Cx$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-\frac{1}{x}y=\ln x$$

$$\Rightarrow (u\cdot x)'-\frac{1}{x}\cdot u\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u'\cdot x=\ln x$$

$$\Rightarrow u(x)=\int\frac{1}{x}\ln x dx=\int\ln x d\ln x=\frac{1}{2}(\ln x)^2+C$$

因此 $y=u(x)\cdot x=\left[\frac{1}{2}(\ln x)^2+C\right]x$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0$$

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0$$

$$\Rightarrow \ y = Ce^x$$

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \qquad \frac{1}{y} dy = \qquad dx$$

$$\Rightarrow \; y = Ce^x$$

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \;\Rightarrow\; \int \frac{1}{y} dy = \int dx \;\Rightarrow\; \ln|y| =$$

$$\Rightarrow\; y = Ce^x$$

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \;\Rightarrow\; \int \frac{1}{y} dy = \int dx \;\Rightarrow\; \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow\; y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow \left(u(x) \cdot e^x\right)' -$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow \left(u(x) \cdot e^x\right)' - u(x) \cdot e^x$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow \left(u(x) \cdot e^x\right)' - u(x) \cdot e^x = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \;\Rightarrow\; \int \frac{1}{y} dy = \int dx \;\Rightarrow\; \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow\; y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow\; \left(u(x) \cdot e^x\right)' - u(x) \cdot e^x = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow\; u' = \sin x$$

$$\Rightarrow$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow \left(u(x) \cdot e^x\right)' - u(x) \cdot e^x = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow u' = \sin x$$

$$\Rightarrow u(x) = \int \sin x dx =$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int dx \Rightarrow \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow \left(u(x) \cdot e^x\right)' - u(x) \cdot e^x = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow u' = \sin x$$

$$\Rightarrow u(x) = \int \sin x dx = -\cos x + C$$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx}-y=e^x\sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx}-y=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int dx \Rightarrow \ln|y|=x+C_1$$

$$\Rightarrow y=Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y=u(x)\cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx}-y=e^x\sin x$$

$$\Rightarrow \left(u(x)\cdot e^x\right)'-u(x)\cdot e^x=e^x\sin x$$

$$\Rightarrow u'=\sin x$$

$$\Rightarrow u(x)=\int \sin x dx=-\cos x+C$$

因此 $y=u(x)\cdot e^x=$

例 3 求微分方程 $\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$ 的通解

解 1. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} - y = 0 \;\Rightarrow\; \int \frac{1}{y} dy = \int dx \;\Rightarrow\; \ln|y| = x + C_1$$

$$\Rightarrow\; y = Ce^x$$

2. 常数变易：假设 $y = u(x) \cdot e^x$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} - y = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow\; \left(u(x) \cdot e^x\right)' - u(x) \cdot e^x = e^x \sin x$$

$$\Rightarrow\; u' = \sin x$$

$$\Rightarrow\; u(x) = \int \sin x dx = -\cos x + C$$

因此 $y = u(x) \cdot e^x = (-\cos x + C)\, e^x$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow$$

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \quad \frac{1}{y}dy = \quad -\frac{1}{x}dx$$

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $\dfrac{dy}{dx} + \dfrac{y}{x} = -\dfrac{1}{x^2}$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \ \Rightarrow \ \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \ \Rightarrow$$

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| =$$

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow$$

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow$$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)' +$$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式
$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)' + \frac{1}{x} \cdot \frac{u}{x}$$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)' + \frac{1}{x} \cdot \frac{u}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow$$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式
$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分
$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$
$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程
$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)' + \frac{1}{x}\cdot\frac{u}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \frac{u'}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

$\Rightarrow$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y} dy = \int -\frac{1}{x} dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)' + \frac{1}{x} \cdot \frac{u}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \frac{u'}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

$$\Rightarrow u(x) = \int -\frac{1}{x} dx =$$

例 4 求 $x^2y'+xy+1=0$ 的满足初始条件 $y(2)=1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式
$$\frac{dy}{dx}+\frac{y}{x}=-\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分
$$\frac{dy}{dx}+\frac{y}{x}=0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy=\int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y|=-\ln|x|+C_1$$
$$\Rightarrow y=\frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y=\frac{u(x)}{x}$，代入原方程
$$\frac{dy}{dx}+\frac{y}{x}=-\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)'+\frac{1}{x}\cdot\frac{u}{x}=-\frac{1}{x^2} \Rightarrow \frac{u'}{x}=-\frac{1}{x^2}$$
$$\Rightarrow u(x)=\int -\frac{1}{x}dx=-\ln|x|+C$$

例 4 求 $x^2y' + xy + 1 = 0$ 的满足初始条件 $y(2) = 1$ 的特解。

解 1. 化为标准形式 $$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

2. 先求解齐次部分

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = 0 \Rightarrow \int \frac{1}{y}dy = \int -\frac{1}{x}dx \Rightarrow \ln|y| = -\ln|x| + C_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{C}{x}$$

3. 常数变易：假设 $y = \frac{u(x)}{x}$，代入原方程

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \left(\frac{u}{x}\right)' + \frac{1}{x}\cdot\frac{u}{x} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow \frac{u'}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

$$\Rightarrow u(x) = \int -\frac{1}{x}dx = -\ln|x| + C$$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow$

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 =$

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{1}{2}(-\ln 2 + C)$

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{1}{2}(-\ln 2 + C) \quad \Rightarrow \quad C = 2 + \ln 2$

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{1}{2}(-\ln 2 + C) \quad \Rightarrow \quad C = 2 + \ln 2$。所以

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{1}{2}(-\ln 2 + C) \quad \Rightarrow \quad C = 2 + \ln 2$。所以

$$y = \frac{u(x)}{x} =$$

$\vdots$

$\vdots$

因此 $y = \frac{1}{x}(-\ln|x| + C)$

4. $y(2) = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{1}{2}(-\ln 2 + C) \quad \Rightarrow \quad C = 2 + \ln 2$。所以

$$y = \frac{u(x)}{x} = \frac{1}{x}(-\ln|x| + 2 + \ln 2)$$