

# 莫比乌斯反演技巧总结

## 常用狄利克雷卷积

- $\epsilon = \mu * 1$  证明：二项式定理  $(1 - 1)^2 = 0$ 。
- $\varphi = \mu * \text{id}$  证明：真分数约分。
- $\mu = \mu * \text{id}$  证明：上面式子左右卷  $\mu$ 。

## 常用套路

### 经典老番

求  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gcd(i, j)$  先枚举  $d = \gcd(i, j)$  再套用  $\epsilon = \mu * 1$

$$\sum_{d=1}^n d \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{d} \rfloor} \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{m}{d} \rfloor} [\gcd(i, j) = 1]$$

$$\sum_{d=1}^n d \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{d} \rfloor} \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{m}{d} \rfloor} \sum_{p|\gcd(i, j)} \mu(p)$$

再枚举  $p$

$$\sum_{d=1}^n d \sum_{p=1}^{\lfloor \frac{n}{d} \rfloor} \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{dp} \rfloor} \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{m}{dp} \rfloor} 1$$

$$\sum_{d=1}^n d \sum_{p=1}^{\lfloor \frac{n}{d} \rfloor} \mu(p) \frac{\lfloor \frac{n}{dp} \rfloor \lfloor \frac{m}{dp} \rfloor}{\lfloor \frac{n}{d} \rfloor \lfloor \frac{m}{d} \rfloor} \lfloor \frac{n}{dp} \rfloor \lfloor \frac{m}{dp} \rfloor + 1$$

设  $T = dp$  枚举  $T$

$$\sum_{T=1}^n \frac{\lfloor \frac{n}{T} \rfloor \lfloor \frac{m}{T} \rfloor}{\lfloor \frac{n}{T} \rfloor \lfloor \frac{m}{T} \rfloor + 1} \sum_{d|T} d \mu(\frac{T}{d})$$

套用  $\varphi = \mu * \text{id}$

$$\sum_{T=1}^n \frac{\lfloor \frac{n}{T} \rfloor \lfloor \frac{m}{T} \rfloor}{\lfloor \frac{n}{T} \rfloor \lfloor \frac{m}{T} \rfloor + 1} \varphi(T)$$

求出欧拉函数前缀和，直接整除分块即可。

上述过程中最为关键的是设  $T = dp$  枚举  $T$  这一步。该操作可以概括为如下等式

$$\sum_{d=1}^n f(d) \sum_{p=1}^{\lfloor \frac{n}{d} \rfloor} g(p) h(dp) = \sum_{T=1}^n h(T) \sum_{d|T} f(d) g(\frac{T}{d})$$

设  $F(n) = \sum_{d|n} f(d) g(\frac{n}{d})$  则原式可化为  $\sum_{T=1}^n h(T) F(T)$  如果两个函数一个可以整除分块，另一个可以用  $O(1)/O(n \log n)/O(n)/O(n^{\frac{2}{3}})$  求出前缀和，那么就可以以较低时间复杂度求出答案。

## 结论1

$\sum_{i=1}^n [\gcd(i, n) = 1] = \frac{\varphi(n) + [n=1]}{2}$  证明如下

套用  $\epsilon = \mu * 1$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{d|\gcd(i, n)} \mu(d)$$

枚举  $d$  注意这里  $n$  是已知量，只需枚举  $d|n$

$$\sum_{d|n} \mu(d) \sum_{i=1}^{\frac{n}{d}} i$$

$$= \frac{1}{2} \sum_{d|n} \mu(d) \frac{n}{d} (\frac{n}{d} + 1)$$

$$= \frac{n}{2} \sum_{d|n} \mu(d) (\frac{n}{d} + 1)$$

由  $\varphi = \mu * \text{id}$  和  $\epsilon = \mu * 1$  可得  $\frac{n}{2} (\varphi(n) + [n=1])$

$$= \frac{n \varphi(n) + n [n=1]}{2}$$

## 结论

- 结论  $\phi$

From: <https://wiki.cvbbacm.com/> - CVBB ACM Team

Permanent link: [https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021.teams:farmer\\_john:%E8%8E%AB%E6%AF%94%E4%B9%8C%E6%96%AF%E5%8F%8D%E6%BC%94%E6%8A%80%E5%B7%A7%E6%80%BB%E7%BB%93&rev=1598002022](https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021.teams:farmer_john:%E8%8E%AB%E6%AF%94%E4%B9%8C%E6%96%AF%E5%8F%8D%E6%BC%94%E6%8A%80%E5%B7%A7%E6%80%BB%E7%BB%93&rev=1598002022)

Last update: 2020/08/21 17:27