Time & Memory Complexity

কমপ্লেক্সিটি কী?

কমপ্লেক্সিটি হলো একটি অ্যালগরিদম বা প্রোগ্রামের দক্ষতার পরিমাপ —
অর্থাৎ, কত সময় ও মেমোরি খরচ করে।

দুই ধরনের কমপ্লেক্সিটি বেশি গুরুত্বপূর্ণ:

1. **Time Complexity (**সময় জটিলতা**)** → প্রোগ্রামটি কত সময় নেয়।
2. **Memory Complexity (**মেমোরি জটিলতা**)** → প্রোগ্রামটি কত জায়গা (RAM) ব্যবহার করে।

Theta - Average

Omega - Best

Big O - Worst

Time Complexity (সময় জটিলতা)

ইনপুটের আকার **(N)** বাড়লে প্রোগ্রামটির রানটাইম কেমন বাড়ে।

এটা সাধারণত **Big O Notation (O(...))** দিয়ে প্রকাশ করা হয়। (Worst Case) , Theta, Omega

সাধারণত ১ সেকেন্ডে প্রায় **10^8** অপারেশন সম্পন্ন হয় **(C++** এ আনুমানিক হিসাব**)**।

প্রোগ্রামের প্রতিটি লুপ, রিকারশন বা অপারেশনের ওপর নির্ভর করে হিসাব করতে হয়।

1. একটা লুপ যদি ১ থেকে N পর্যন্ত চলে → O(N)
   ```
   for (int i = 0; i < n; i++) { // কিছু O(1) কাজ}
   ```

2. দুইটা **nested** লুপ → $O(N^2)$
   ```
   for (int i = 0; i < n; i++) {
        for (int j = 0; j < n; j++) {
             // কিছু কাজ
        }
   }
   ```

3. তিনটা **nested** লুপ → $O(N^3)$

4. লগারিদমিক কমপ্লেক্সিটি → সাধারণত binary search, divide & conquer → O(log N)
   ```
   int i = 1;
   while (i <= n) {i *= 2;}
   ```

5. **N log N** → সাধারণত sorting বা merge sort ধরনের অ্যালগরিদম

কমপ্লেক্সিটি	নাম	আনুমানিক সীমা **(N** এর জন্য**)**
O(1)	Constant	যেকোনো N
O(log N)	Logarithmic	যেকোনো N
O(√N)	Square root	$N \le 10^{16}$ পর্যন্ত
O(N)	Linear	$N \le 10^{8}$ পর্যন্ত
O(N log N)	N log N	$N \le 10^{6}$ পর্যন্ত
$O(N^2)$	Quadratic	$N \le 10^{4}$ পর্যন্ত
$O(N^3)$	Cubic	$N \le 500$ পর্যন্ত
$O(2^n)$	Exponential	$N \le 20$ পর্যন্ত
O(N √N)	Factorial	$N \le 10^{5}$ পর্যন্ত

একাধিক টেস্ট কেস থাকলে কমপ্লেক্সিটি

অনেক অনলাইন জাজে (Codeforces, AtCoder, ইত্যাদি) প্রশ্নে থাকে:

```
int t;
cin >> t;
while (t--) {
   solve();
}
```

তাহলে যদি:

- প্রতিটি টেস্ট কেসে **N** আলাদা হয় তাহলে T দ্বারা গুণ করতে হয়
- এবং মোট সব টেস্টের **N** এর যোগফল **≤ 10^6** এরকম হয় তাহলে একটা টেস্টকেসের মতো কাজ করে।

Memory Complexity (মেমোরি জটিলতা**)**

প্রোগ্রাম চলাকালে ব্যবহৃত মোট মেমোরি (bytes/MB) হলো Memory Complexity।

এটাও সাধারণত **Big O(...)** notation-এ প্রকাশ করা হয়।

Data type	মেমোরি **(**প্রায়**)**
int	4 bytes
long long	8 bytes
double	8 bytes
char	1 byte
bool	1 byte