**🎓 CHUYÊN SÂU VỀ MERGE SORT**

**✅ 1. Ý tưởng**

"Chia nhỏ mảng thành các mảng con, sắp xếp từng mảng con, sau đó **trộn** (merge) lại thành mảng đã sắp xếp."

**📦 Tư duy theo kiểu “chia để trị”:**

1. Chia mảng làm 2 nửa.
2. Đệ quy sắp xếp từng nửa.
3. Gộp 2 nửa đã sắp xếp → mảng lớn hơn cũng đã sắp xếp.

**🔁 Ví dụ: [8, 4, 5, 2]**

* Chia: [8,4] và [5,2]
* Chia tiếp: [8] [4], [5] [2]
* Merge: [4,8], [2,5]
* Merge cuối: [2,4,5,8]

**🧠 2. Code Merge Sort**

void merge(int a[], int l, int m, int r) {

int n1 = m - l + 1;

int n2 = r - m;

int L[n1], R[n2];

// Copy 2 mảng con

for (int i = 0; i < n1; i++) L[i] = a[l + i];

for (int i = 0; i < n2; i++) R[i] = a[m + 1 + i];

// Merge 2 mảng

int i = 0, j = 0, k = l;

while (i < n1 && j < n2) {

if (L[i] <= R[j]) a[k++] = L[i++];

else a[k++] = R[j++];

}

// Copy phần còn lại

while (i < n1) a[k++] = L[i++];

while (j < n2) a[k++] = R[j++];

}

void mergeSort(int a[], int l, int r) {

if (l >= r) return;

int m = (l + r) / 2;

mergeSort(a, l, m);

mergeSort(a, m + 1, r);

merge(a, l, m, r);

}

**📊 3. Phân tích độ phức tạp**

| **Trường hợp** | **Độ phức tạp** |
| --- | --- |
| Best Case | O(n log n) ✅ |
| Average Case | O(n log n) ✅ |
| Worst Case | O(n log n) ✅ |

**🔎 Vì sao O(n log n)?**

* Chia mảng: log₂(n) lần → **log n tầng đệ quy**
* Mỗi tầng merge mất O(n) để gộp lại → n log n

**✅ 4. Tính ổn định**

✅ **Ổn định (Stable Sort)**

Vì khi L[i] == R[j], ta chọn L[i] trước ⇒ không đảo thứ tự phần tử bằng nhau.

**⚖️ 5. Ưu và nhược điểm**

**✅ ƯU ĐIỂM:**

* Luôn O(n log n) mọi trường hợp.
* Ổn định.
* Hoạt động tốt trên mảng lớn.

**❌ NHƯỢC ĐIỂM:**

* Dùng **bộ nhớ phụ** O(n) → không in-place.
* Cài đặt dài, dễ bug phần merge.

**💼 6. Ứng dụng thực tếo**

* Sắp xếp file lớn (external sorting).
* Đếm nghịch thế trong mảng.
* Merge nhiều mảng con (multiway merge).
* Gộp log từ nhiều server.

**🧠 7. Khi nào dùng Merge Sort?**

| **Trường hợp** | **Lý do** |
| --- | --- |
| Mảng lớn | Luôn O(n log n) ổn định |
| Cần ổn định | Giữ thứ tự gốc |
| Dữ liệu không vừa RAM | Có thể chia nhỏ |

**💡 8. Mẹo phỏng vấn**

“Merge Sort có in-place không?”  
→ ❌ Không. Dùng mảng phụ.

“Merge Sort có ổn định không?”  
→ ✅ Có. Vì không hoán vị lung tung.

“Merge Sort tốt hơn Quick Sort khi nào?”  
→ Khi cần **đảm bảo ổn định và không phụ thuộc dữ liệu đầu vào**.