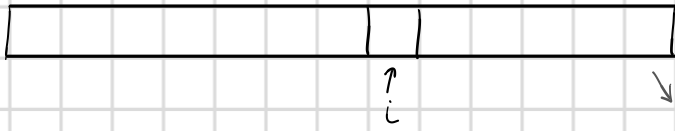


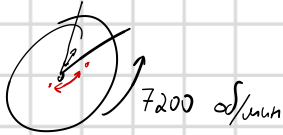
# Внешняя память

Было: RAM-модель

10-100 пБ оперативки в основном



• HDD  $\approx 10 \text{ ms}$



одражение  $\approx 100 \text{ ns}$

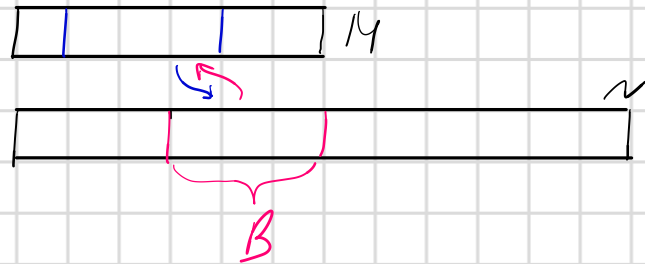
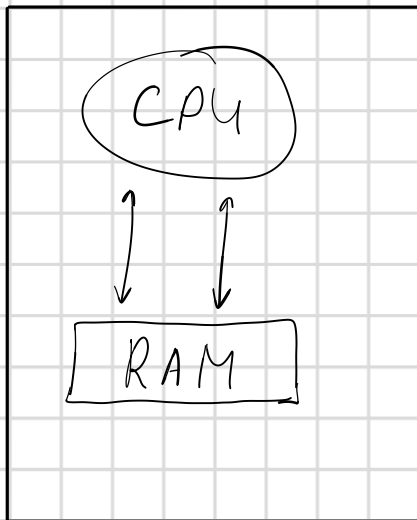
5-10 GB/s

100/200 MB/s

(последовательное одражение)

• SSD

## Модель внешней памяти



• M-размер RAM (в машинных словах 64bit)

• N-размер внеш. памяти.

• B-размер блока

оцениваем IO complexity (# операций с внеш. памятью)

13 Максим Бабенко шарт

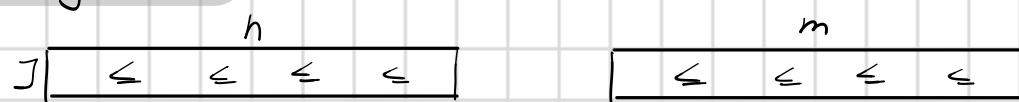
### Задача 1.

$\exists a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}$

Сумма  $a$ ?

Итаем  $B$  чисел и сканируем и онеб  $\Rightarrow \lceil \frac{n}{B} \rceil = \text{Scan}(n)$  обозначение

### Задача 2.



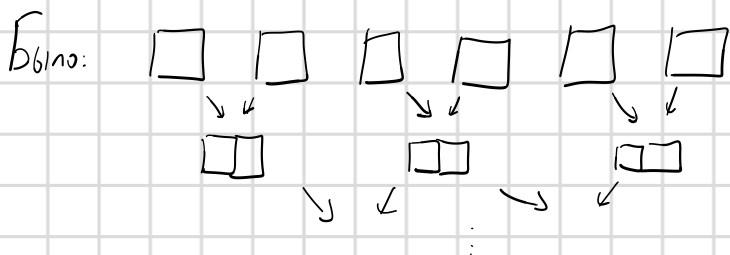
merge - ?

Считываем по 2 блока  $\rightarrow$  обрабатываем и записываем обратно  $\rightarrow$  берем next

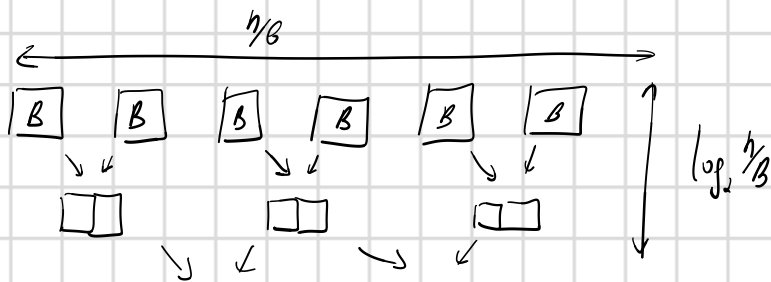
$$\Rightarrow O(\text{Scan}(n+m))$$

### Задача 3.

Сортировка merge sort



Считаем  $B$  эл-ов + отсортируем и запишем обратно



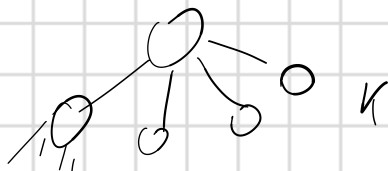
$$\Rightarrow O\left(\frac{n}{B} \log_2 \frac{n}{B}\right)$$

Как можно уменьшить высоту?

Считать 2 массива  $\rightarrow 3B$  памяти

Считать  $K$  массивов  $\rightarrow (K+1) \cdot B$  памяти  $\Rightarrow K = \frac{n}{B}$

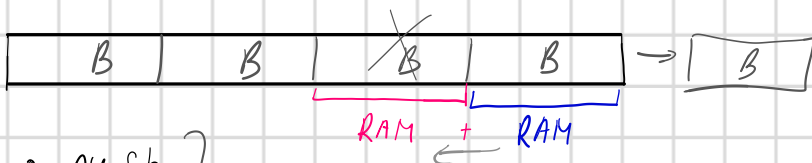
и жергөсү дээр к-урму



и  $O(\frac{n}{B} \log_{\frac{n}{B}} \frac{n}{B}) = \text{Sort}(n)$

## Загара 4.

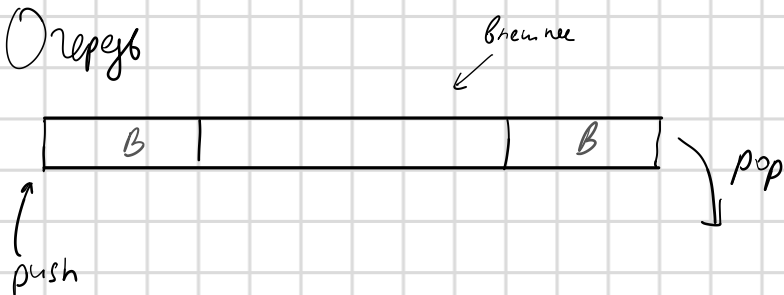
Сферам Stack



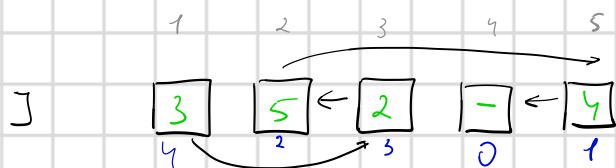
- push
  - pop
  - top
- $O(\frac{n}{B})$  ампт.

## Загара 5.

Орепыс

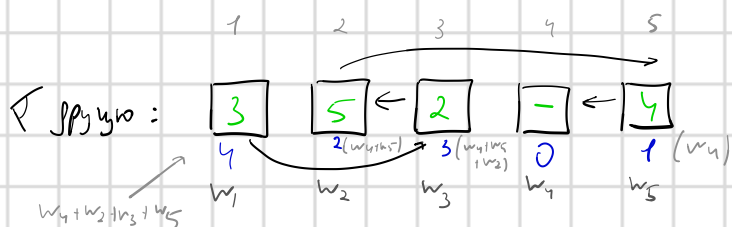


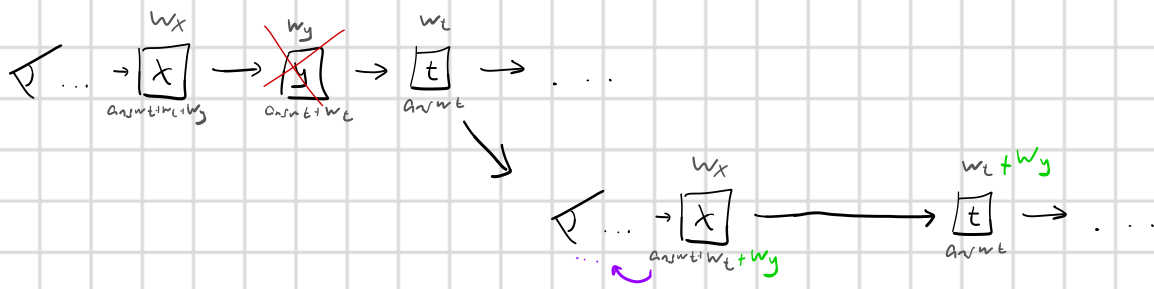
## Загара List Ranking.



Input: 3 5 2 - 4

Output: 4 2 3 0 1





Всего  $\log_2 n$  Join:  $O(\text{Sort}(n))$

$\exists K_1, V_1, K_2, V_2, \dots, K_n, V_n \leftarrow \text{Sort}(n)$

$\ell_1, u_1, \ell_2, u_2, \dots, \ell_n, u_n \leftarrow \text{Sort}(n)$

$K_1, K_2, K_n$  - нечетное  $\text{Scan}(2n) \leftarrow \text{Чтение и запись}$

$\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_n$  - нечетное

Пр:

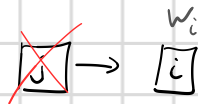
1 : 5	1 : 10	1 : 5, 10
2 : 3	4 : 8	2 : 3, 5
4 : 6	2 : 5	3 : 7, 6
3 : 7	3 : 6	4 : 6, 8

Таджуки:

①  $i : \text{next}_i$

$w_i \rightarrow w_i + w_j$

②  $i : w_i$



③  $\text{rem}_i$

$(j, i) \in \text{①}$   
 $j \in \text{③}$

join ye knoz esli v oboih tadnyax

и найдем тады у которых больше значение вес

рекурсивно удем по 1 ин-ту и потом откатываем

с  $\frac{1}{2}$  удем ин-т  $\rightarrow \text{rem}_i$  и функция если удем 2 раз

$\square \rightarrow \square \rightarrow \square$   $E(\# \text{yfn}) = \frac{1}{8}$

$T(n) = \text{Sort}(n) + T(\frac{7n}{8})$

$T(n) = \text{Sort}(n) \cdot \left(1 + \frac{7}{8} + \frac{49}{64} + \dots\right) \Rightarrow O(\text{Sort}(n))$