

## Lesson2

### 排序不等式

#### 排队打水

思路：

- 总共等待时间为： $t_1 * (n-1) + t_2 * (n-2) + t_3 * (n-3) + \dots + t_{(n-1)} * 1$ ，且乘的系数 $n-1 > n-2 > \dots > 1$
- 故**从小到大排序**，总时间最小

证明：（反证法）

- 假设最优解不是从小到大排序，则必然存在两个相邻元素，前一个 $t_i$ 比后一个 $t_{(i+1)}$ 大，此时我们交换 $t_i$ 和 $t_{(i+1)}$ 的位置。交换前等待 $t_i$ 和 $t_{(i+1)}$ 的时间为 $t_i * (n-i) + t_{(i+1)}(n-i-1)$ ，而交换后的等待时间为 $t_{(i+1)} * (n-i) + t_i * (n-i-1)$ ，且 $t_i * (n-i) + t_{(i+1)}(n-i-1) - [t_{(i+1)} * (n-i) + t_i * (n-i-1)] = t_i - t_{(i+1)} > 0$ ，所以交换 $t_i$ 与 $t_{(i+1)}$ 之后，总时间将严格变小。与其是最优解矛盾，因此最优解一定是从小到大排序。

具体实现

```
1  #include <iostream>
2  #include <algorithm>
3
4  using namespace std;
5
6  typedef long long LL;
7
8  const int N = 100010;
9
10 int n;
11 int t[N];
12
13 int main(void) {
14     scanf("%d", &n);
15
16     for (int i=0; i<n; i++) scanf("%d", &t[i]);
17
18     sort(t, t+n);    //将打水时间从小到大排序
19
20     LL res = 0;
21
22     for (int i=0; i<n; i++) res += t[i]*(n-i-1);
23
24     cout << res << endl;
25
26     return 0;
27 }
```

### 绝对值不等式

#### 货舱选址

思路

- $f(x) = |x_1 - x| + |x_2 - x| + \dots + |x_n - x|$
- 猜测：若 $x_n$ 为奇数，则当 $x$ 取到中位数时函数值最小；若 $x_n$ 为偶数，则当 $x$ 取到中间两个数之间（包括左右两个端点）时最小

证明：

- 将右侧分成若干组，变为

$$f(x) = (|x_1 - x| + |x_n - x|) + (|x_2 - x| + |x_{(n-1)} - x|) + \dots$$

考虑 $|a-x| + |b-x|$ ，当 $x$ 落在 $[a, b]$ 之间时 $|a-x| + |b-x|$ 取最小值 $|b-a|$

所以上述 $f(x)$ 等式右侧 $\geq (x_n - x_1) + (x_{(n-1)} - x_2) + \dots$

对于没一项，取等的条件分别为 $x \in [x_1, x_n]$ ， $x \in [x_2, x_{(n-1)}]$ ，...

所以若 $x_n$ 为奇数，则当 $x$ 取到中位数时函数值最小；若 $x_n$ 为偶数，则当 $x$ 取到中间两个数之间（包括左右两个端点）时最小。

具体实现

```
1  #include <iostream>
2  #include <algorithm>
```

```
3
4 using namespace std;
5
6 typedef long long LL;
7
8 const int N = 100010;
9
10 int n;
11 int a[N];
12
13 int main(void) {
14     scanf("%d", &n);
15
16     for (int i=0; i<n; i++) scanf("%d", &a[i]);
17
18     sort(a, a+n);    //从小到大排序，用于求出中位数
19
20     LL res = 0;
21
22     for (int i=0; i<n; i++) res += abs(a[i]-a[(n-1)/2]);
23
24     cout << res << endl;
25
26     return 0;
27 }
```

### 推公式

#### 耍杂技的牛

思路：

- 按照 $w_i+s_i$ 从小到大的顺序排，最大的风险系数一定是最小的。

证明：(ans >= cnt && ans <= cnt)

- 该贪心得到的答案，一定大于等于最优解(ans >= cnt)
- (反证法) 若不是按照 $w_i+s_i$ 从小到大的顺序排，则一定存在相邻两头牛，且 $w_i+s_i > w_{i+1}+s_{i+1}$ ，交换第 $i$ 个位置与第 $i+1$ 个位置上的牛。交换前，第 $i$ 个位置牛的危险系数为:  $w_1+w_2+\dots+w_{i-1}-s_i$ ，第 $i+1$ 个位置牛危险系数为:  $w_1+w_2+\dots+w_i-s_{i+1}$ 。交换之后，第 $i$ 个位置牛的危险系数为:  $w_1+w_2+\dots+w_{i-1}-s_{i+1}$ ，第 $i+1$ 个位置牛危险系数为:  $w_1+w_2+\dots+w_i-s_i$ 。每个位置危险系数同时减去 $w_1+w_2+\dots+w_{i-1}$ ，加上 $s_i$ 与 $s_{i+1}$ ，所以现在每个位置的危险系数为 $s_{i+1}$ [交换前 $i$ ]， $w_i+s_i$ [交换前 $i+1$ ]， $s_i$ [交换后 $i$ ]， $w_{i+1}+s_{i+1}$ [交换后 $i+1$ ]。且交换后 $s_i$ [交换后 $i$ ]， $w_{i+1}+s_{i+1}$ [交换后 $i+1$ ]严格小于 $w_i+s_i$ [交换前 $i+1$ ]，因此也严格小于 $\max(s_{i+1}$ [交换前 $i$ ],  $w_i+s_i$ [交换前 $i+1$ ])。所以交换之后，其余所有的风险系数不变，而交换之后的两个风险系数变小。重复这一操作，序列中最大值一定不会变大，只可能变小或者不变，因此贪心得到的答案一定小于等于最优解，即ans <= cnt
- 综上所述，ans = cnt

具体实现

```
1 #include <iostream>
2 #include <algorithm>
3
4 using namespace std;
5
6 typedef pair<int, int> PII;
7
8 const int N = 50010;
9
10 int n;
11 PII cow[N];
12
13 int main(void) {
14     scanf("%d", &n);
15
16     for (int i=0; i<n; i++) {
17         int w, s;
18         scanf("%d%d", &w, &s);
19         cow[i] = {w+s, w};
20     }
21
22     sort(cow, cow+n);    //按照w+s从小到大排序
23
24     int res = -2e9, sum = 0;    //某头牛上面牛的重量之和
25     for (int i=0; i<n; i++) {
26         int w = cow[i].second, s = cow[i].first-w;
27         res = max(res, sum-s);
28         sum += w;
29     }
```

```
29     }  
30  
31     cout << res << endl;  
32  
33     return 0;  
34 }
```