

**Хэширование** Есть задача сравнения объектов:

$$U = \{objects\}, u, v \in U : u \neq v?$$

Введем функцию  $h : U \rightarrow \mathbb{Z}_m$ , такую что  $\forall u, v \in U : u \sim v \rightarrow h(v) = h(u)$ . Обычно  $m \ll |U|$ .  
Зачем юзать хэши, а не наивное сравнение?

- Бывает много сравнений, и мы не хотим дублировать вычисления
- Безопасность
- Для некоторых хешей верно, что  $h(f(v, u)) = g(h(v), h(u))$ . То есть можно вычислить хэш от некоего объекта, пользуясь уже посчитанными хэшами для других объектов.
- Иногда мы сравниваем объекты не на равенство, а на изоморфность.
- Сравнить объекты бывает дорого

Требования к хэшу:

- вычислим за линейное время
- детерминирован
- семейство хэш-функций  $\mathbb{H}$  (и можем взять сколько угодно оттуда)
- равномерность  $\forall_{v \neq u} v, u : p_{h \in \mathbb{H}}(h(u) = h(v)) \simeq \frac{1}{m}$
- масштабируемость
- необратимость
- (*optional*) лавинный эффект (при маленьком изменении объекта хэш меняется сильно)

Важно, что мы хотим брать случайную функцию из семейства  $\mathbb{H}$  на момент старта программы, потому что псевдослучайная функция на самом деле нам дает детерминированный алгоритм, который неверен.

**Идеальная хэш-функция** Так как объектов счетно, то отсортируем их, далее для каждого объекта запомним случайную величину от 1 до  $m$  (или даже можем запоминать ее лениво!).

**Полиномиальный хэш** Сводим объекты к строкам и хэшируем строки:

$$s = c_0 c_1 c_2 \dots c_{n-1}, c_i > 0$$

$$h_b(s) = \sum_{i=0}^{n-1} c_i \cdot b^i \pmod{m}$$

$$p_b(h_b(s_1) = h_b(s_2)) \leq \frac{n}{m} \text{ для фиксированного } m$$

Доказательство: Рассмотрим функцию как многочлен, теперь для равных функций смотрим на то, равна ли разность многочленов нулю для какого-то  $b$ . У многочлена от  $b$  степень равна  $n$ , а вероятность попасть в конкретный модуль  $\frac{1}{m}$ .

$$h(s_1 + s_2) = h(s_1) + h(s_2) \cdot b^{|s_1|}$$