



# Single-event Upset

Невидимая ошибка

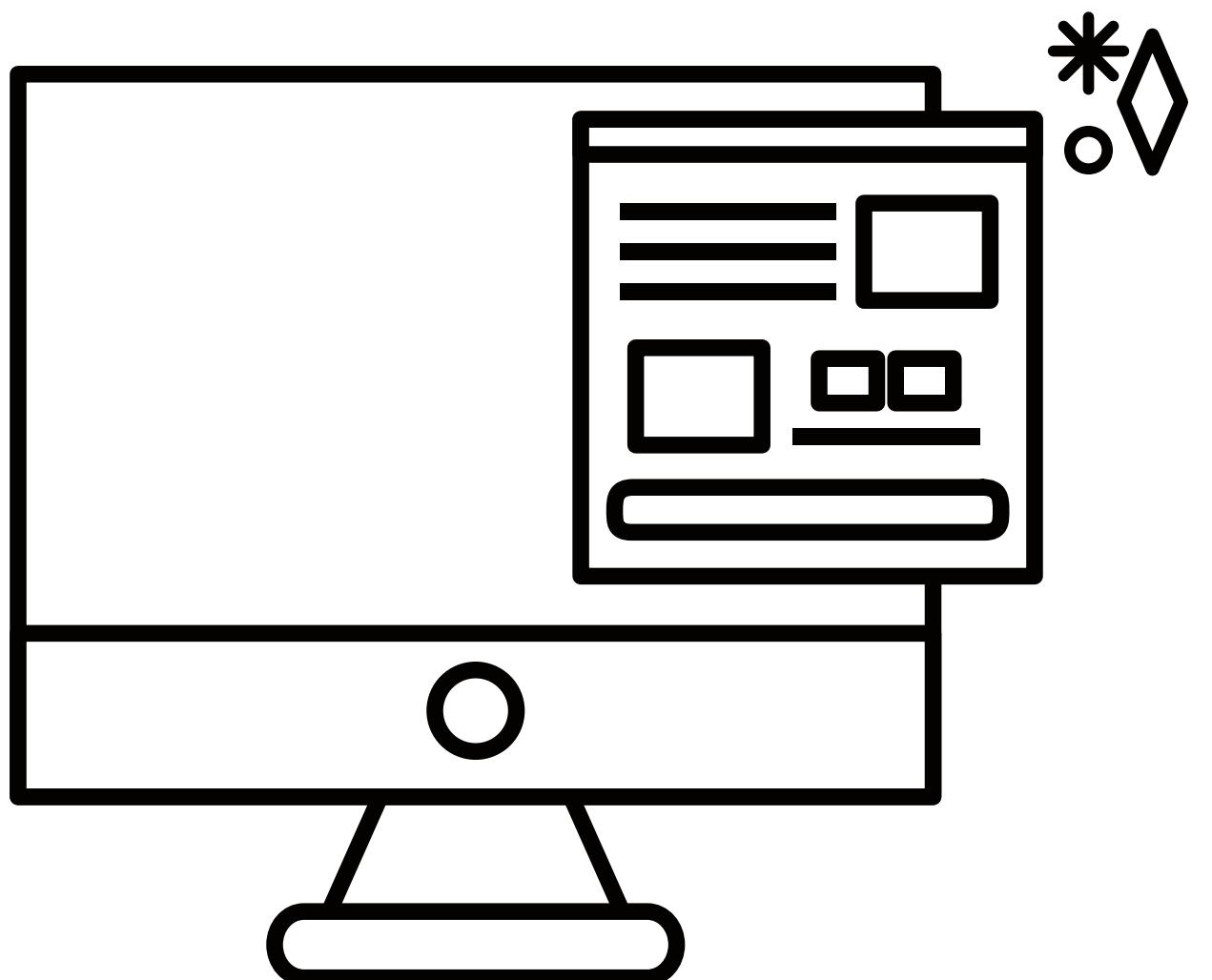
ВЫБОРЫ  
МУНИЦИПАЛЬНОГО  
ОКРУГА ШАЕРБЕК  
(БРЮССЕЛЬ)  
2003 ГОД



Maria Vindelvogel

**4096 лишних голосов**

**12я степень двойки  
13й бит счетчика**



# СПИДРАН КОСМИЧЕСКОЙ СИЛЫ

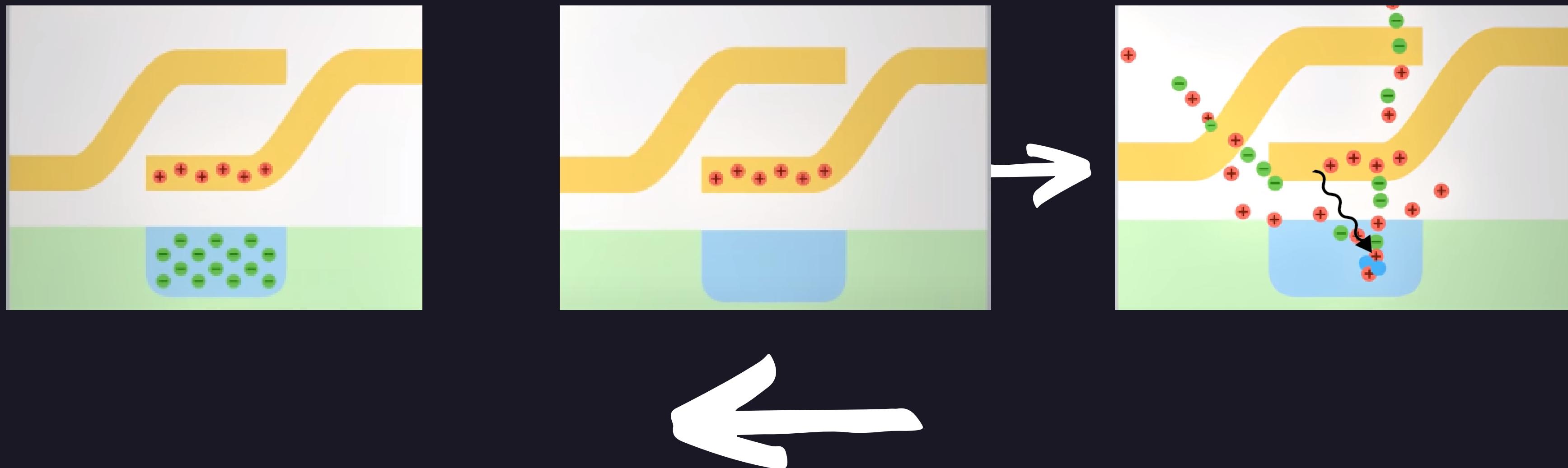
Скоростное прохождение  
Super Mario 64 от DOTA\_Teabag  
(2013 год)

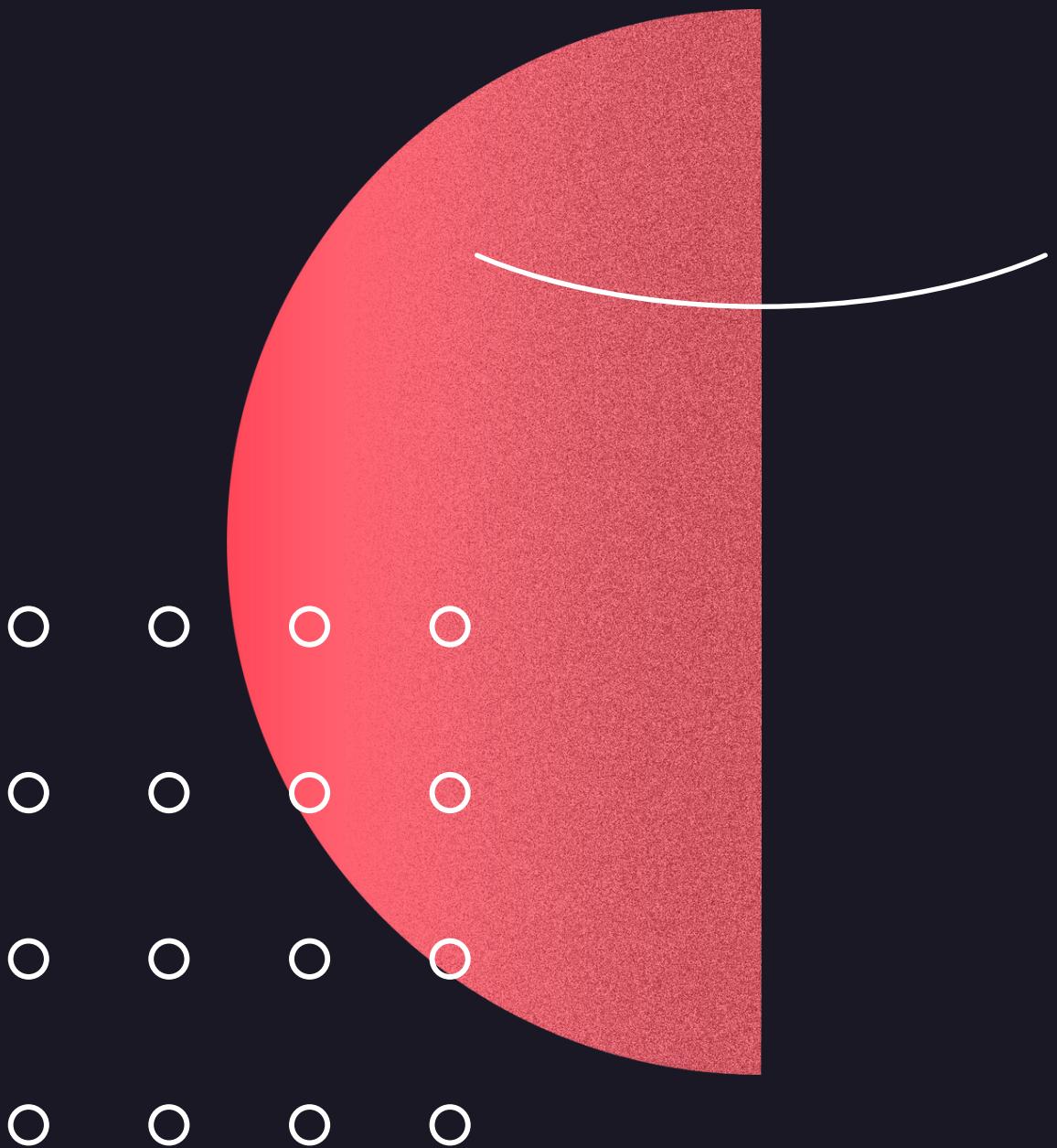
Изменение координаты высоты  
переписыванием бита в первом байте

04



# ИЗМЕНЕНИЕ БИТА С ПОМОЩЬЮ ЗАРЯЖЕНОЙ ЧАСТИЦЫ





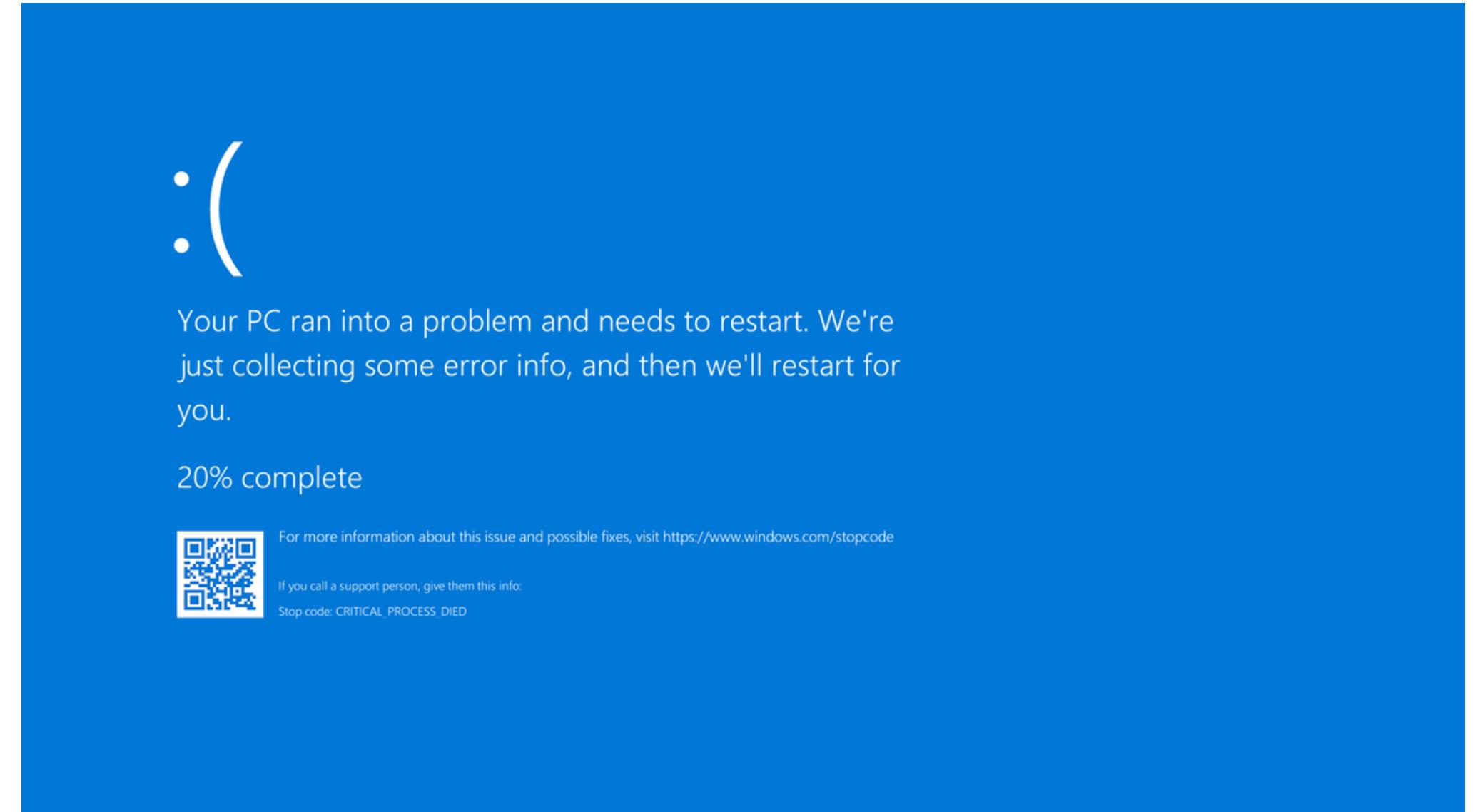
# Oh-My-God частица

Испытательный полигон  
Дагвей (штат Юта)

Кинетическая энергия  
эквивалентная 46 джоулям

# НЕЗРИМРОЕ ВЛИЯНИЕ

По оценке IBM происходит  
один сбой в месяц на  
каждые 256 Мбайт памяти



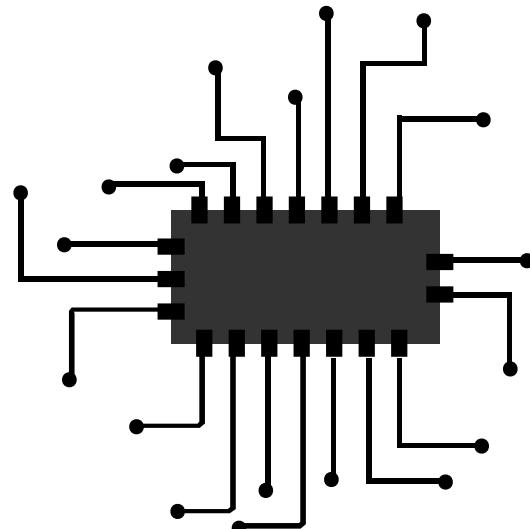
# ЗАЩИТА ОТ ОДИНОЧНЫХ СЛУЧАЙНЫХ СБОЕВ

ECC MEMORY

Тип памяти с коррекцией ошибок

Код Хемминга для обнаружения и исправления ошибок в одном 64-битном слове

Бесперебойная работы серверов, финансовых приложений и т.д.

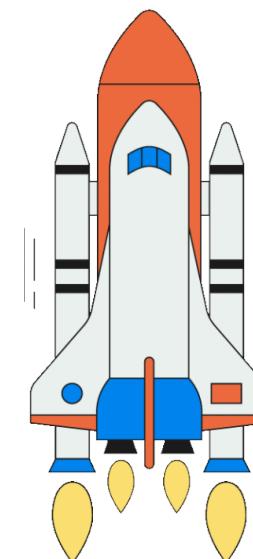


Нейтронные детекторы  
Алгоритмы  
автосохранения

*Los Alamos National Lab*

Несколько  
параллельных программ  
навигации для  
сравнения результатов

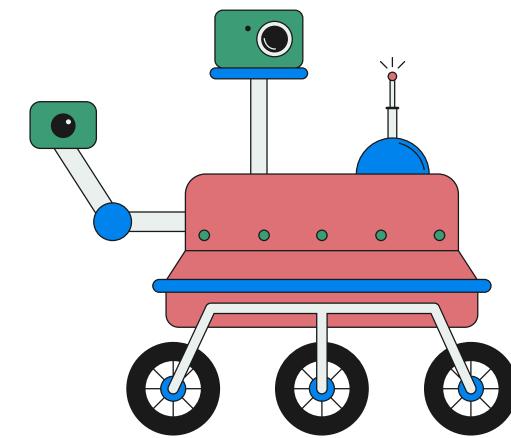
Программа ШАТЛ

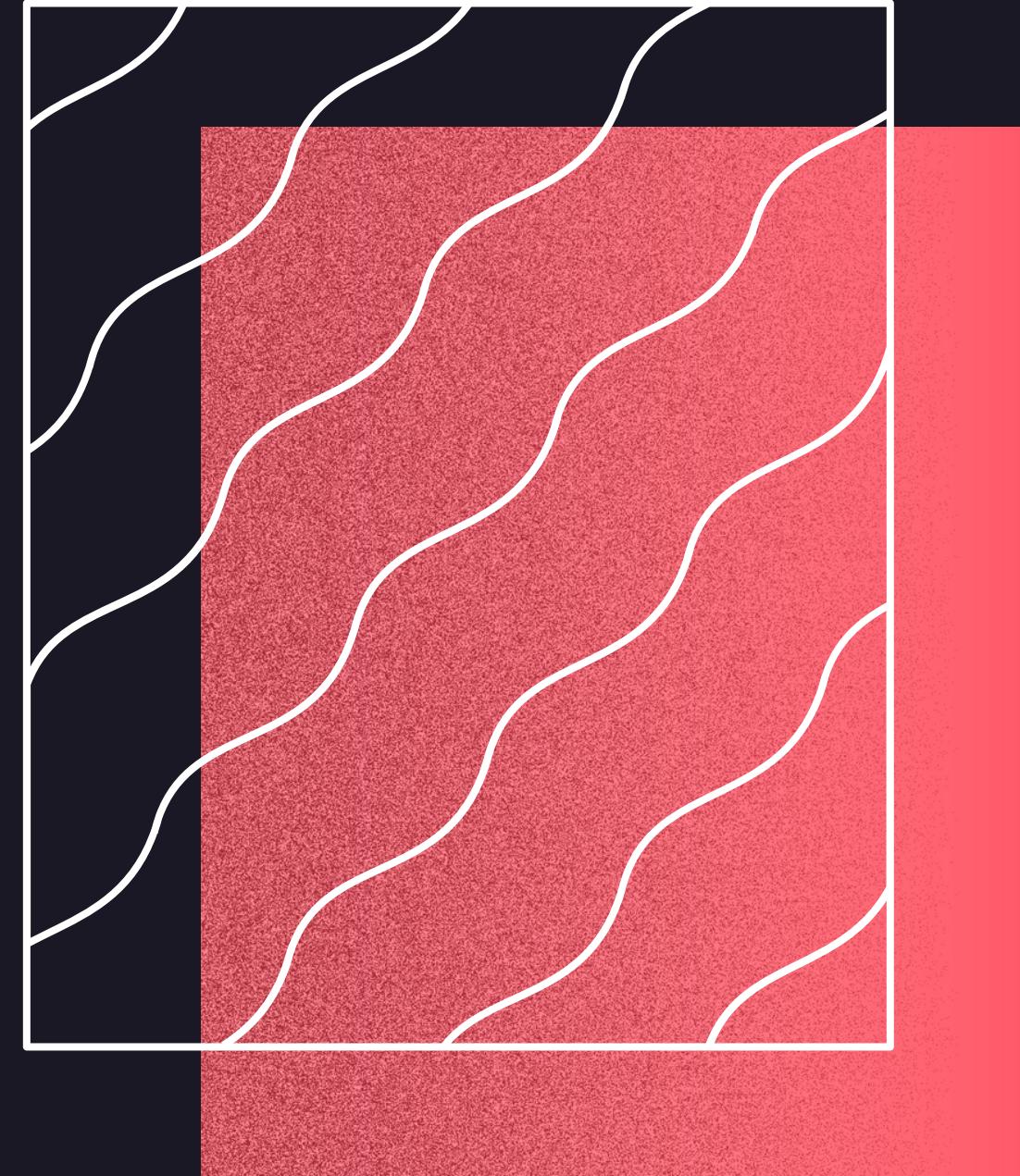


POWER PC RAD750  
(2001 год)

Способен выдержать в 40 раз  
больше радиации чем  
обычный компьютер

Ровер Perseverance для  
исследования Марса





## ИСТОЧНИКИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Single-event\\_upset](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Single-event_upset)

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Radiation\\_hardening](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Radiation_hardening)

<https://habr.com/ru/post/401681/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/brains/>

<https://www.thegamer.com/how-ionizing-particle-outer-space-helped-super-mario-64-speedrunner-save-time/>