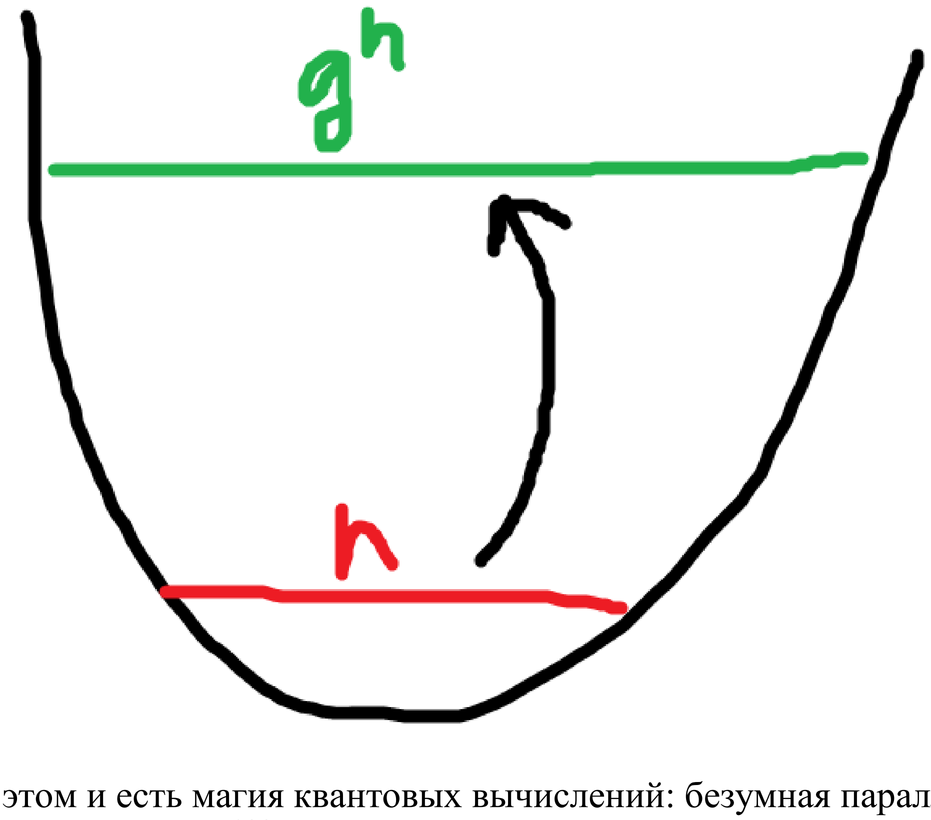
Недавно я наткнулся на видео https://www.youtube.com/watch?v=f5slLeCz7p8 по квантовым компьютерам. Видео хорошее, но там есть ряд моментов, которое я хотел прояснить.

1) про кубиты. Диктор на 14:25 говорит: чтобы достичь $|\Psi> = \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_1> + \cdots + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{10^{1234}}>$, нам потребуется 4100 кубитов. На мой взгляд, само понятие кубита немного искусственно. Никто нам не говорит, что в одном кубите должно быть два состояния, может быть и 10^{1234} ☺ Представим себе гармонический осциллятор с 10^{1234} уровнями, верхний из которых имеет энергию $hw(10^{1234} + \frac{1}{2})$. Естественно, это технически невозможно, поэтому и разбивают единую ВФ $|\varphi_1> + \cdots + |\varphi_{10^{1234}}>$ по нескольким кубитам. Но это всё, напомню, условность.

Далее диктор говорит очень быстро, и мы не успеваем понять, что происходит. А утверждается, что у нас некий алгоритм (и некая его физическая реализация), которая умеет из ВФ $|\varphi_n>$ сделать $|\varphi_{g^n}>$. Т.е., возвращаясь к гармоническому осциллятору, «закинуть» ВФ с $n-$того уровня на g_n-ный:



В этом и есть магия квантовых вычислений: безумная параллелизация! Мы проделываем 10^{1234} одинаковых вычислений, хотя ВФ у нас одна - $|\Psi>$ и она соответствует 1 частице! (ну ладно, 4100 кубитам, но это лишь способ «представить» 1 частицу).

Далее у нас есть операция деления на N (опять-таки, как-то реализованная физически):

$$|\varphi_{g^n}> \rightarrow |\varphi_{\frac{g^n}{N}}>$$

В итоге, если мы посмотрим на номера ВФ, то мы увидим (см. пример из видео):

g^x	Result	g^x / 77	Remainder
8^1	8	0	8
8^2	64	0	64
8^3	512	6	50
8^4	4096	53	15
8^5	32768	425	43
8^6	262144	3404	36
8^7	2097152	27235	57
8^8	16777216	217885	71
8^9	134217728	1743087	29
8^{10}	1073741824	13944699	1
8^{11}	8589934592	111557592	8
8^{12}	68719476736	892460736	64
8^{13}	549755813888	7139685894	50
8^{14}	4398046511104	57117487157	15
8^{15}	35184372088832	456939897257	43
8^{16}	281474976710656	3655519178060	36
8^{17}	2251799813685248	29244153424483	57
8^{18}	18014398509481984	233953227395869	71
8^{19}	144115188075855872	1871625819166959	29
8^{20}	1152921504606846976	14973006553335676	1

Постараюсь записать, как будет выглядеть итоговая ВФ:

$$
\begin{aligned}
|\Psi> = {} & \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_8> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{64}> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{50}> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{15} \\
& > + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{43}> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{36}> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{57}> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{71} \\
& > + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_{29}> + \frac{1}{\sqrt{10^{1234}}}|\varphi_1> +
\end{aligned}
$$

Что будет, если мы измерим энергию этой частицы? С вероятностью 1/10 мы получим каждое из значений:
с вероятностью 1/10 8
с вероятностью 1/10 64
с вероятностью 1/10 50
с вероятностью 1/10 15
с вероятностью 1/10 43
с вероятностью 1/10 36
с вероятностью 1/10 57
с вероятностью 1/10 71
с вероятностью 1/10 29
с вероятностью 1/10 1
Причём нам не нужно ни одно из этих чисел. Нам нужен именно период r, потому что N мы раскладываем как $\left(g^{\frac{r}{2}} - 1\right)\left(g^{\frac{r}{2}} + 1\right)$!
Выход – квантовое преобразование Фурье. Да, есть и такое. Так как в нашем цикле всего одна частота, то после квантового преобразования Фурье ВФ станет собственной функцией: $|\varphi_{10}>$. Значит, при измерении мы 100% получаем «10».
Ну а далее подставляем в $\left(g^{\frac{r}{2}} - 1\right)\left(g^{\frac{r}{2}} + 1\right)$, алгоритм Евклида, ну вы сами понимаете.