Радиометрия скважин

Радиометрией скважин называют совокупность методов, основанных на регистрации различных ядерных излучений, главным образом гамма-квантов и нейтронов. Эти методы подразделяются на пассивные (методы регистрации естественных излучений) и активные (методы регистрации излучений, возникающих при облучении специальными источниками, помещенными в скважинном приборе).

Существенная особенность ядерных методов заключается в принципиальной возможности определения с их помощью концентрации отдельных элементов в горных породах. Важным преимуществ большинства ядерных методов является также и то, что они могут применятся как в необсаженных, так и обсаженных скважинах. На их показания относительно слабо влияет и характер жидкости в стволе скважины.

Физические основы радиометрии

Ядра некоторых изотопов могут самопроизвольно превращаться в ядра других элементов. Этот процесс называется радиоактивностью. Превращение ядра обычно происходит путем излучения альфа- или бета-частицы (α- и β-распад), реже наблюдается захват ядром одного из электронов оболочки атома (К-захват). Каждый вид распада сопровождается испусканием гамма-квантов.

Альфа- и бета-лучи представляют собой соответственно поток ядер гелия и поток быстрых электронов. Проходя через вещество, они замедляются, затрачивая энергию на ионизацию атомов. Их пробег в твердых телах незначителен (несколько мм и меньше).

Гамма-лучи представляют поток «частиц» (квантов) высокочастотного электромагнитного излучения наподобие света, но с гораздо меньшей длиной волны, т.е. с большей энергией кванта. Пробег гамма-квантов в веществе в несколько десятков раз больше пробега для бета-частиц той же энергии.

Энергию гамма-квантов и других ядерных частиц принято выражать в электрон-вольтах (эВ) или миллионах электрон-вольт (МэВ): 1эВ=$1{,}602\cdot 10^{-19}$ Дж. Энергия альфа- и бета-частиц и гамма-квантов, испускаемых радиоактивными ядрами, изменяется от долей до 3 МэВ.

Число ядер радиоактивного элемента уменьшается со временем экспоненциально:

$$N=N_0e^{-0{,}693t/T_{1/2}}$$

где N_0 – число ядер радиоактивного элемента в начальный момент времени (t=0), $T_{1/2}$ –период полураспада, т.е. время, в течение которого распадается половина атомов изотопа.

Количественной характеристикой радиоактивности некоторого вещества является число распадов А за 1с прямо пропорционально числу его атомов N, т.е. $A=\lambda N$.

Коэффициент пропорциональности называется постоянной распада. $\lambda=0{,}693/T_{1/2}$.

Для понимания зависимости показаний многих радиоактивных методов исследования скважин от свойств горных пород необходимо представить себе закономерности прохождения гамма-квантов через вещество. Для тех энергий, которые встречаются при радиометрии скважин (до 10МэВ), существенных три типа взаимодействия:

- ***Фотоэлектрическое поглощение***

- ***Эффекты образования пар***

- ***Рассеяние гамма-квантов***

При фотоэлектрическом поглощении (фотоэффекте) гамма-квант исчезает вследствии передачи всей его энергии одномуиз электронов атома.

Комптоновское рассеяние (эффект Комптона) происходит в результате соударения кванта с одним из электронов. Гамма-квант передает часть своей энергии электрону и изменяет направление своего движения.

Эффект образование *пар* сводится к исчезновению кванта с образованием пары частиц – электрона и позитрона.

Вероятность взаимодействия гамма-кванта с атомов какого-либо элемента пропорциональна числу таких атомов в единице объема вещества и так называемому поперечному сечению атома для данного вида взаимодействия. Кроме порядкового номера элемента и типа взаимодействия, поперечное сечение зависит от энергии кванта.

Общая вероятность взаимодействия гамма-кванта с каким-либо из атомов на длине в 1 м равна сумме таких произведений для всех элементов, входящих в состав данного вещества. Эта сумма называется ***макроскопическим сечением*** взаимодействия для рассматриваемого вещества или ***линейным коэффициентом ослабления*** и обозначается μ. Величина 1/ μ равна среднему пути, проходимому частицей до взаимодествия.

Вторым видом ядерных частиц, имеющих важнейшее значение при исследовании скважин, являются нейтроны.

В качестве источников нейтронов используют чаще всего смесь порошков бериллия с радиоактивным веществом, испускающим альфа-частицы (полоний, плутоний и т.п.)

Такие источники, представляющие небольшие герметические ампулы и потому называемые ампульными, дают быстрые нейтроны с энергией, достигающей для полоний-бериллиевых источников 11МэВ.

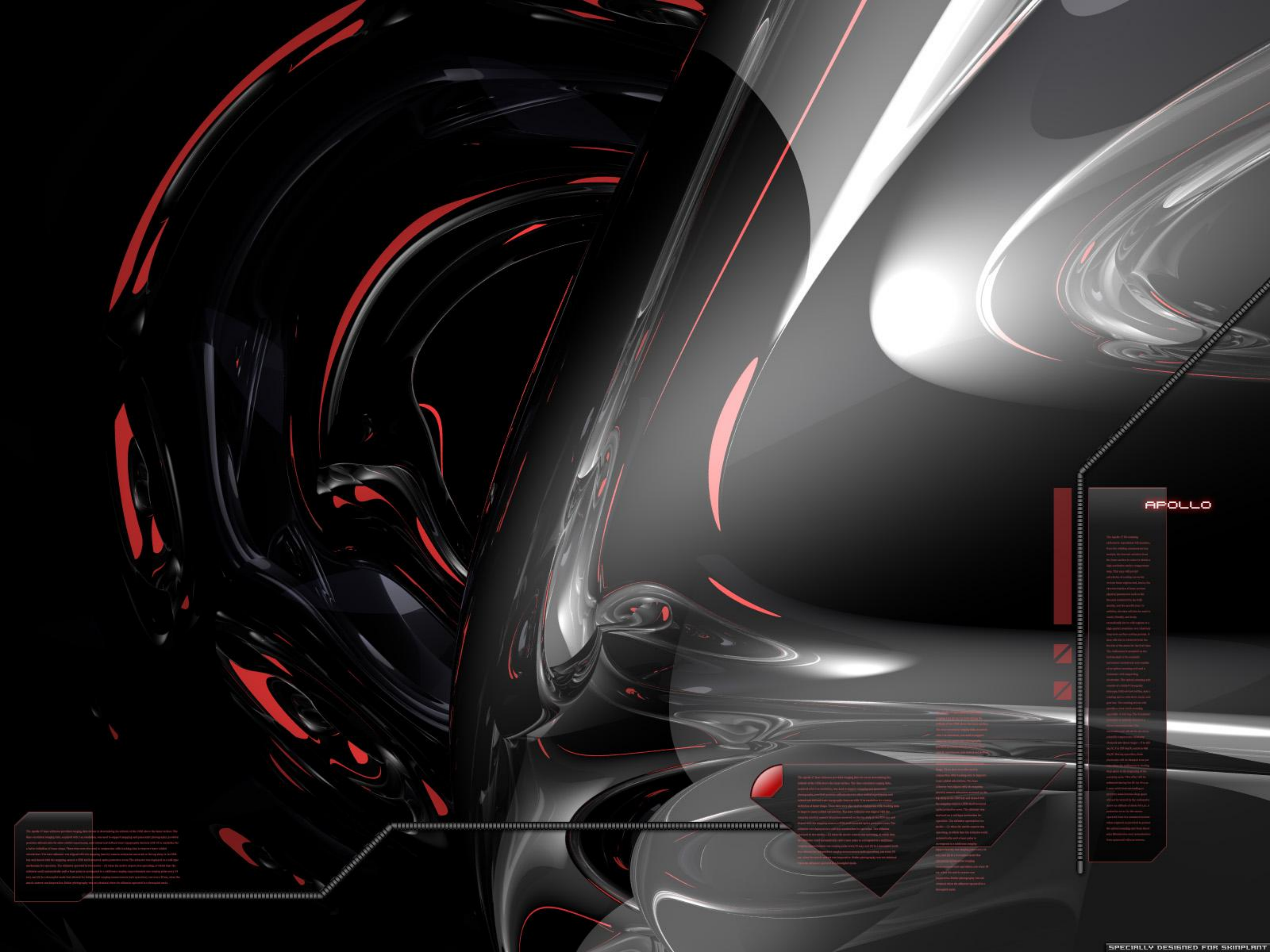
Нейтронными источниками другого типа, используемым при исследовании скважин, является генератор нейтронов. В нем титановая или циркониевая мишень с растворенным в ней изотопом водорода тритием ($^{3}_{1}H$) бомбардируется дейтонами (ядрами тяжелого водорода $^{2}_{1}H$), ускоренные линейным ускорителеми под напряжением около 10^5В. В результате реакции высвобождаются нейтроны с энергией 14МэВ.

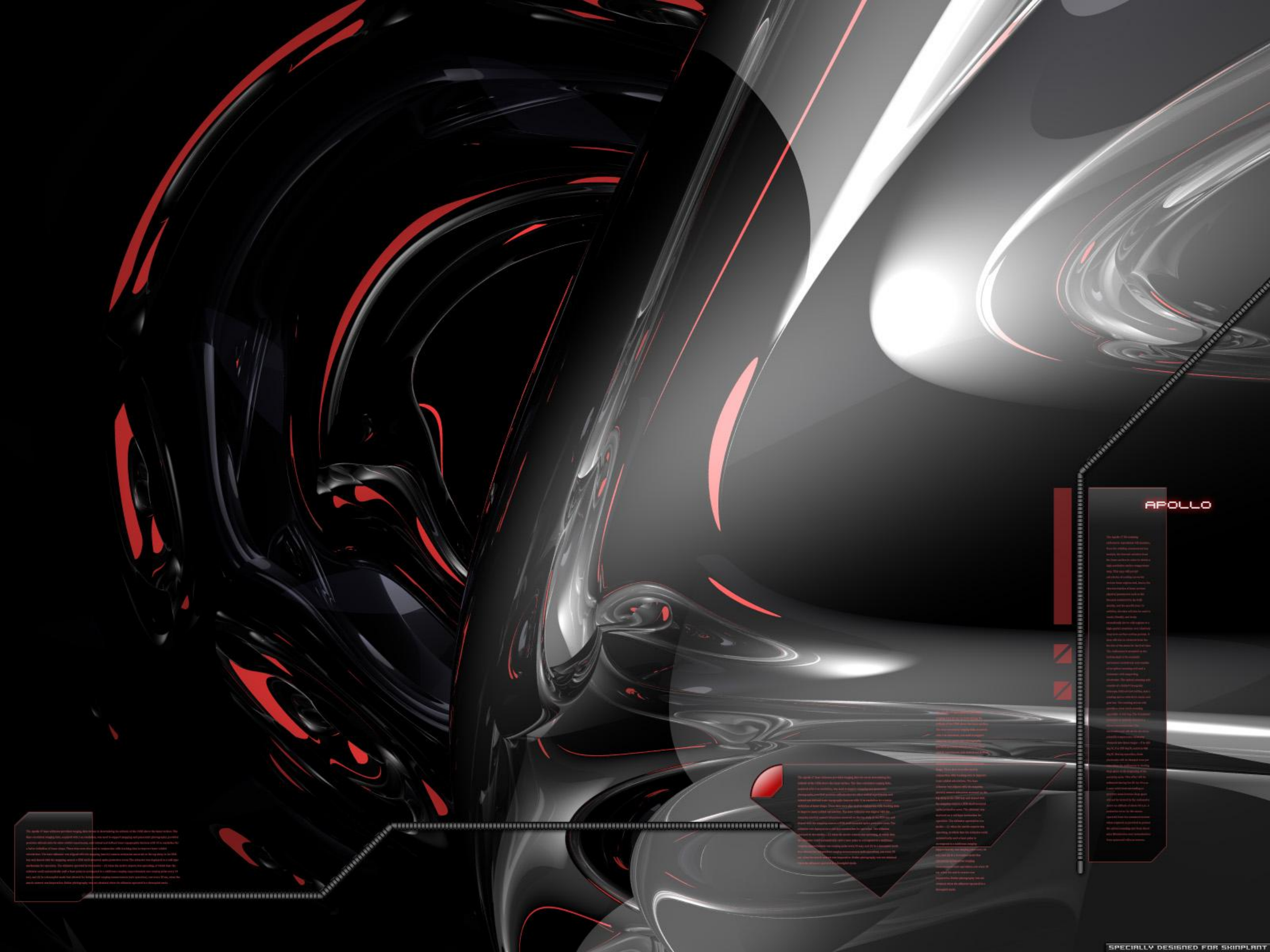
Источники третьего типа – некоторые изотопы трансурановых элементов, например, калифорния (^{252}Cf), претерпевающие интенсивное самопроизвольное деление ядер с испусканием нейтронов.

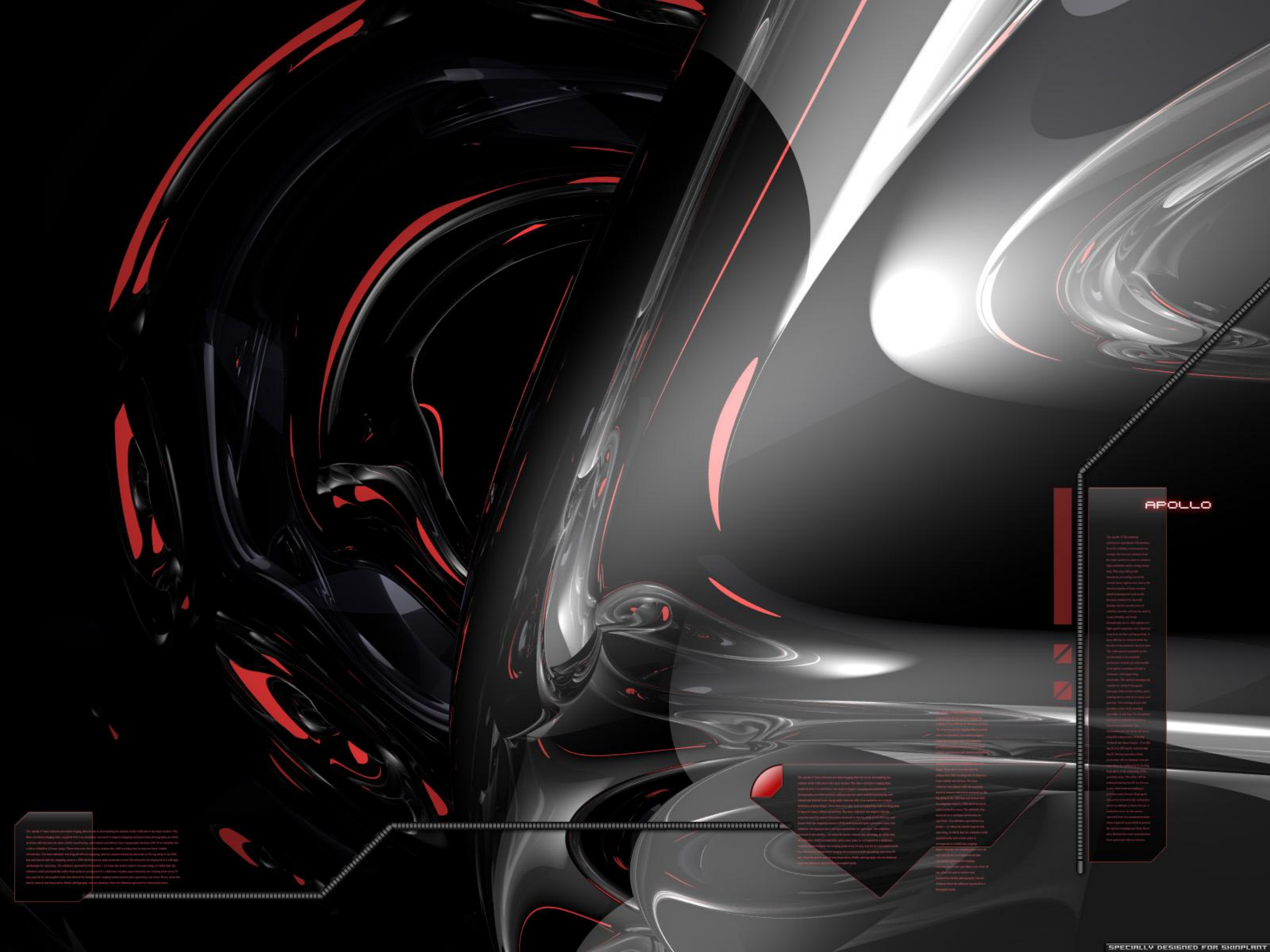
Будучи электрически нейтральными, нейтроны не испытывают действия электронной оболочки и заряда ядра, поэтому обладают большой проникающей способностью. Кроме того при соударении с ядрами они вызывают разнообразные ядерные реакции, что делает их весьма полезными при изучении ядерного, а следовательно, и химического состава горных пород. *Реакции с участием нейтронов разделяются на две группы: Рассеяние(упругое и неупругое) и поглощение нейтронов.*

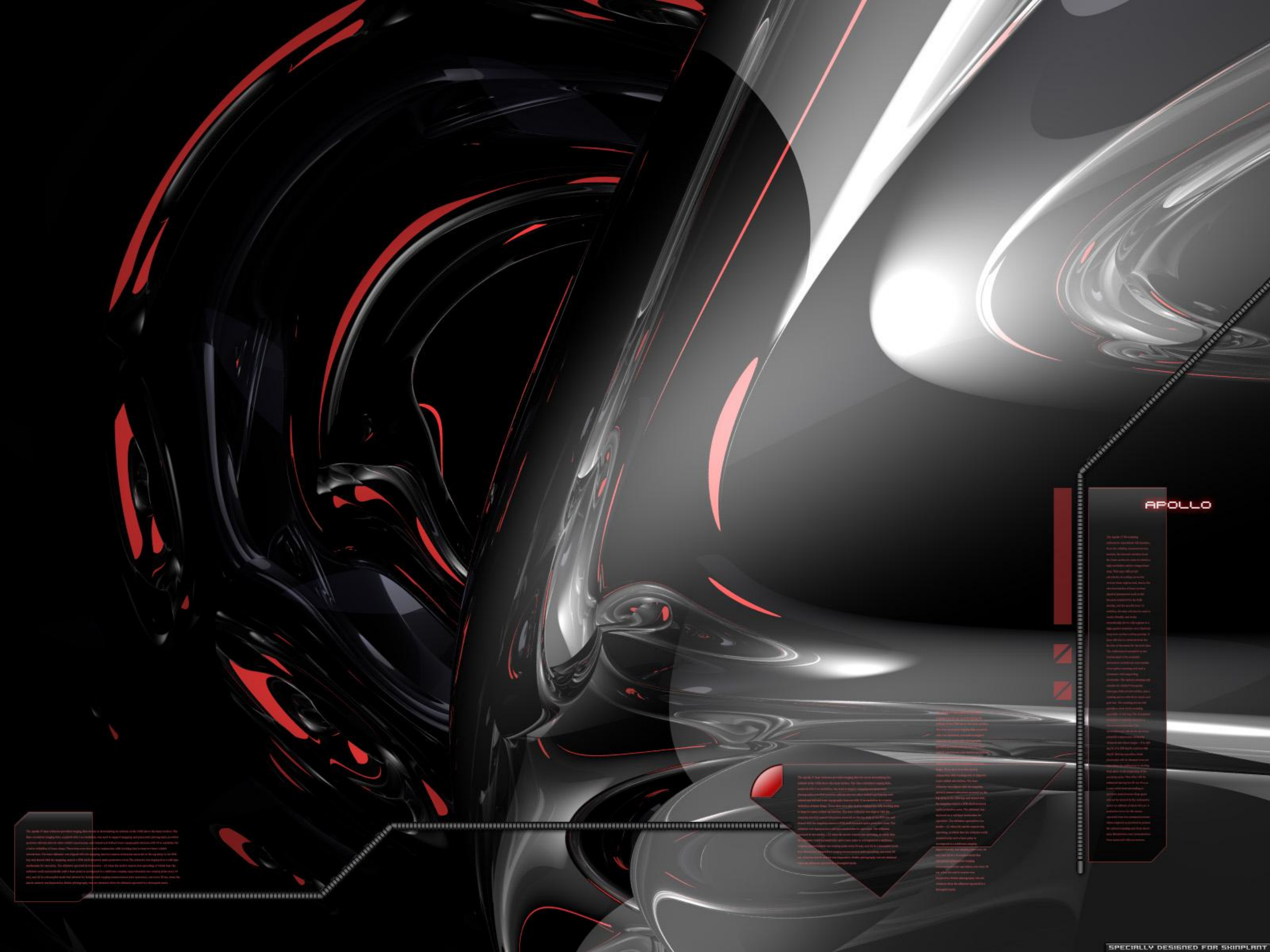
Упругое рассеяние

Аналогично столкновению двух идеально упругих шаров: часть кинетической энергии нейтрона передается ядру без изменения внутреннего состояния последнего. Сечение упругого рассеяния большинства ядер при $E<n\cdot10^{-1}$МэВ почти постоянно, а при большей энергии нейтронов существенно зависит от энергиипоследних.


APOLLO
SPECIALLY DESIGNED FOR SKINPLANT


APOLLO
SPECIALLY DESIGNED FOR SKINPLANT


APOLLO
SPECIALLY DESIGNED FOR SKINPLANT


APOLLO
SPECIALLY DESIGNED FOR SKINPLANT

...ько ... ческо... ...ния ни зависит от химического
...ва ... ва микроско... ...е сечение этого процесса
...по... ...ва ... ству эл...ронов в единице объема
...ле... ...у и нес...ько убывает с ростом энергии
...ква... ч... ...ектр... ...динице объема вещества:

$$N_A Z\delta/M$$

... N_A – число ... Z – атомный номер, M – атомная масса,
...постн...