

BAB



Fizik Nuklear

Apakah yang dimaksudkan dengan reputan radioaktif?

Apakah maksud separuh hayat?

Bagaimanakah siri reputan uranium dapat digunakan untuk menentukan usia batu-batuan dan Bumi?

Apakah yang dimaksudkan pembelahan nukleus dan pelakuran nukleus?

Apakah hubungan antara tenaga nuklear dengan cacat jisim?

Adakah wajar loji reaktor nuklear dibina di Malaysia?

Anda akan mempelajari:

6.1 Reputan Radioaktif

6.2 Tenaga Nuklear



Portal Informasi

Pelakuran nukleus hidrogen berlaku secara semula jadi dalam teras Matahari pada suhu kira-kira 15.6 juta kelvin dan tekanan 250 bilion kali ganda tekanan atmosfera Bumi. Lebih 560 juta tan hidrogen bercantum menjadi helium dalam masa sesaat. Tenaga nuklear yang dibebaskan dalam tindak balas pelakuran tersebut merupakan sumber tenaga cahaya dan haba bagi Matahari dan bintang di angkasa lepas.

Kini, para saintis telah pun berjaya mereka bentuk reaktor pelakuran Tokamak yang bersaiz kecil di dalam makmal. Tenaga haba yang terhasil melalui tindak balas nuklear (pelakuran nuklear) digunakan untuk menjana kuasa elektrik. Jika teknologi sedemikian dapat dikomersialkan, kebergantungan kepada penggunaan sumber bahan api seperti petroleum dan arang batu dalam penjanaan kuasa elektrik dapat diatasi pada masa depan.



<http://bit.ly/2R4Nhh>

Kepentingan Bab Ini

Pengetahuan mengenai fizik nuklear membolehkan para jurutera dan saintis mereka bentuk loji reaktor nuklear yang lebih selamat untuk penjanaan tenaga elektrik. Pengetahuan ini juga membolehkan pengendalian sisa loji nuklear dengan cermat dan berkesan bagi mengelakkan pencemaran alam sekitar dan menjamin kesejahteraan ekosistem di bumi. Kemajuan sedemikian akan membawa kepada kelestarian sumber tenaga dan peningkatan produktiviti di negara kita.

Lensa Futuristik

Penyelidikan tentang pembinaan reaktor pelakuran nuklear untuk memenuhi permintaan penjanaan kuasa elektrik yang semakin bertambah mungkin akan tercapai pada masa akan datang. Tenaga dari pelakuran nuklear merupakan tenaga alternatif yang mampu mengurangkan penggunaan petroleum dan arang batu. Tenaga alternatif ini adalah lebih efisien, jejak karbon sifar dan memberikan kesan minimum kepada ekosistem bumi kita apabila dikawal dengan rapi.



<http://bit.ly/39VbhuL>

Reputan radioaktif merupakan proses nukleus tidak stabil menjadi nukleus stabil dengan memancarkan sinaran radioaktif. Proses ini berlaku secara rawak dan spontan. Terdapat tiga jenis sinaran radioaktif, iaitu zarah alfa (α), zarah beta (β) dan sinar gamma (γ).

Galeri MAKLUMAT

Reputan radioaktif adalah rawak dan spontan kerana tidak dipengaruhi oleh suhu, tekanan dan faktor fizikal yang lain.



Rajah 6.1 Tiga jenis sinaran radioaktif



IMBAS KEMBALI



Keradioaktifan

<http://bit.ly/2QIBPMO>



Aktiviti 6.1

KIAK / KMK

Tujuan: Bincangkan persamaan reputan radioaktif

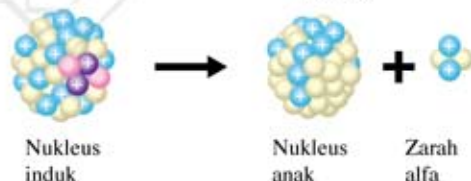
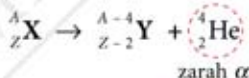
Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Dapatkan maklumat dari pelbagai sumber bacaan atau di laman sesawang tentang perubahan nukleus selepas reputan radioaktif.
3. Bincangkan:
 - (a) contoh-contoh persamaan reputan bagi reputan α , reputan β dan reputan γ
 - (b) perubahan komposisi nukleus selepas setiap jenis reputan radioaktif tersebut berlaku
4. Bentangkan hasil dapatan kumpulan anda.

Persamaan bagi Reputan Alfa (α)

Zarah alfa ialah nukleus helium yang terdiri daripada dua proton dan dua neutron. Dalam reputan alfa, nukleus yang tidak stabil mengeluarkan satu zarah alfa untuk menjadi nukleus unsur baharu yang lebih stabil. Rajah 6.2 menunjukkan proses reputan bagi alfa.

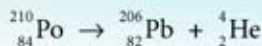
Persamaan am bagi reputan α adalah seperti yang berikut:



Rajah 6.2 Reputan alfa

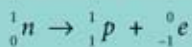
Nukleus induk mempunyai nombor proton, Z dan nombor nukleon, A . Selepas reputan α , nukleus anak mempunyai nombor proton, $Z - 2$ dan nombor nukleon, $A - 4$.

Contoh reputan α :



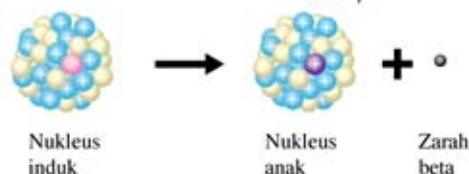
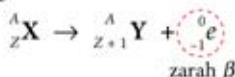
Persamaan bagi Reputan Beta (β)

Zarah beta ialah elektron yang bergerak pantas. Dalam reputan beta, sebiji neutron dalam nukleus yang tidak stabil terurai kepada satu proton dan satu elektron seperti persamaan yang berikut:



Proton yang terhasil kekal dalam nukleus manakala elektron akan terpancar keluar dengan tenaga kinetik yang tinggi sebagai zarah β seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.3.

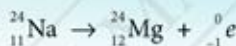
Persamaan am bagi reputan β adalah seperti yang berikut:



Rajah 6.3 Reputan beta

Selepas reputan β , nombor proton bagi nukleus anak menjadi $Z + 1$ dan nombor nukleon, A tidak berubah.

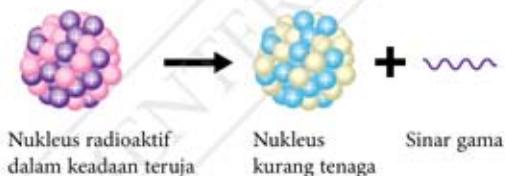
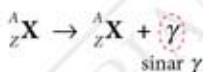
Contoh reputan β :



Persamaan bagi Reputan Gamma (γ)

Sinar gamma ialah sinaran elektromagnet yang berfrekuensi tinggi. Dalam reputan gamma, suatu nukleus radioaktif yang tidak stabil membebaskan tenaga lebihannya untuk menjadi lebih stabil, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.4. Sinaran elektromagnet tidak berjisim dan bersifat neutral (tidak bercas).

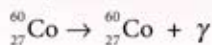
Persamaan am bagi reputan γ adalah seperti yang berikut:



Rajah 6.4 Reputan gamma

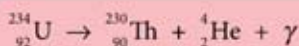
Selepas reputan γ , tiada perubahan nombor proton dan nombor nukleon berlaku pada nukleus. Nukleus kurang bertenaga selepas reputan gamma.

Contoh reputan γ :

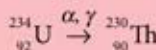


Dalam reputan radioaktif, sesetengah nukleus dapat memancarkan lebih daripada satu sinaran. Misalnya, reputan uranium-234 memancarkan zarah α dan sinar γ . Contoh persamaan reputannya dan persamaan reputan yang lebih ringkas adalah seperti yang berikut:

Persamaan reputan:



Persamaan reputan yang lebih ringkas:



Separuh Hayat

Apabila suatu sampel bahan radioaktif mereput, bilangan nukleus radioaktif yang belum mereput berkurang dengan masa manakala bilangan nukleus anak semakin bertambah. Mari kita jalankan aktiviti yang berikut untuk mendapatkan idea tentang separuh hayat.



Aktiviti 6.2

KIAK / KMK

Tujuan: Menjana idea tentang separuh hayat dan membincangkan tentang siri reputan sumber radioaktif

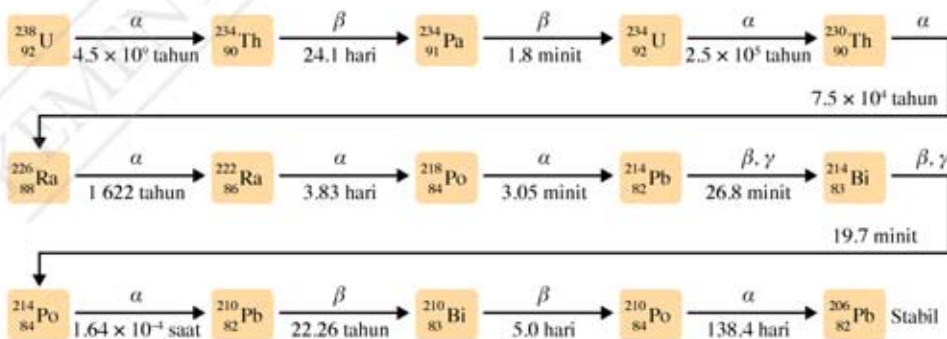
Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Imbas kod QR untuk menonton video dan layari laman sesawang untuk mendapat maklumat tentang separuh hayat.
3. Berdasarkan tontonan video dan maklumat daripada laman sesawang, bincangkan:
 - (a) Apakah maksud separuh hayat?
 - (b) Apakah maksud siri reputan sumber radioaktif?
 - (c) Nyatakan jenis sinaran radioaktif yang dipancarkan, unsur yang terhasil dan tempoh reputan bagi siri reputan uranium-238.
 - (d) Terangkan kepentingan siri reputan uranium-238 untuk menentukan usia batu-batuan dan usia Bumi.
4. Bentangkan hasil dapatan anda dalam bentuk multimedia yang ringkas.



Separuh hayat, $T_{1/2}$ ialah masa yang diambil untuk separuh daripada bilangan asal nukleus radioaktif bagi suatu sampel radioaktif mereput. Selepas satu separuh hayat, bilangan nukleus yang belum mereput akan menjadi separuh daripada nilai asal.

Apabila suatu nukleus radioaktif yang tidak stabil mereput, nukleus baharu yang terbentuk juga mungkin tidak stabil. Nukleus baharu akan mengalami satu siri reputan berterusan sehingga nukleus yang stabil terbentuk. Rajah 6.5 menunjukkan satu siri reputan lengkap uranium-238 ke plumbum-206 dan separuh hayat masing-masing.



Rajah 6.5 Siri reputan uranium-238

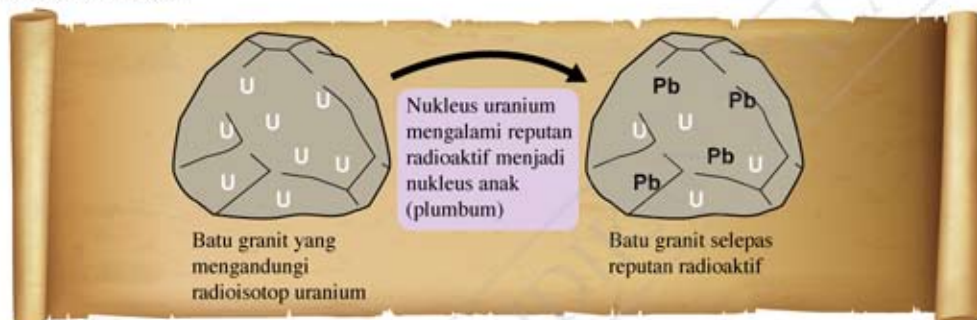
Uranium-238 ialah unsur radioaktif yang mempunyai separuh hayat yang panjang, iaitu kira-kira 5 000 juta tahun. Unsur ini terperangkap semasa pembentukan batu-batuan. Uranium-238 yang terperangkap akan mereput dan akhirnya membentuk plumbum-206 yang stabil seperti ditunjukkan dalam Rajah 6.6. Proses reputan ini mengambil masa yang lama kerana kadar reputannya rendah. Dengan penentuan nisbah plumbum-206 kepada uranium-238 dalam suatu sampel batu, usia batu-batuan dapat dianggarkan. Semakin tinggi nisbah tersebut, semakin berusia batu-batuan. Kaedah pengukuran geologi ini juga dapat menganggarkan usia Bumi kita. Tahukah anda usia Bumi kita?

Galeri MAKLUMAT

Bahan radioaktif lazimnya disimpan di dalam bekas tebal yang tertutup, diperbuat daripada plumbum untuk tujuan keselamatan.

Galeri MAKLUMAT

Radioisotop ialah isotop dengan nukleus tidak stabil yang boleh memancarkan sinaran radioaktif.



Rajah 6.6 Penentuan usia batu granit

Menentukan Separuh Hayat Bahan Sumber Radioaktif daripada Graf Lengkung Reputan

Suatu unsur radioaktif akan mengalami reputan radioaktif secara rawak dan spontan. Bilangan nukleus yang belum mereput akan berkurang dengan masa. Unsur radioaktif yang berlainan mereput pada kadar yang berlainan. Sifat ini boleh dipaparkan dalam bentuk graf lengkung reputan. Mari kita jalankan aktiviti simulasi reputan radioaktif untuk melukis graf lengkung reputan.

Kios Kerjaya

Ahli geologi menggunakan teknik pentarikhan radioaktif untuk menentukan usia batu-batuan.

Aktiviti 6.3

Tujuan: Melukis graf lengkung reputan

Radas: 10 beg plastik yang mengandungi 60 biji dadu di dalam setiap satu beg plastik

Bahan: Kertas graf

Arahan:

1. Bahagikan kelas kepada 10 kumpulan. Setiap kumpulan dibekalkan dengan satu beg plastik yang mengandungi 60 biji dadu.
2. Lontarkan 60 biji dadu di atas meja.
3. Keluarkan dadu yang menunjukkan nombor "3". Rekod bilangan dadu yang tertinggal.
4. Lontarkan sekali lagi dadu yang masih tinggal di atas meja dan keluarkan dadu yang menunjukkan nombor "3". Rekod bilangan dadu yang tertinggal.

- Ulangi langkah 4 sebanyak 20 kali.
- Imbas kod QR dan cetak Jadual 6.1.
- Catatkan keputusan daripada 10 kumpulan ke dalam Jadual 6.1.

Keputusan:

Jadual 6.1

Bilangan lontaran	Bilangan dadu yang tertinggal, N										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	Purata
0											
1											
2											
3											

K1= Kumpulan 1

Analisis data:

Plotkan graf bilangan dadu yang tertinggal melawan bilangan lontaran.

Perbincangan:

- Daripada graf anda, tentukan nilai-nilai yang berikut:
 - bilangan lontaran apabila bilangan dadu yang tertinggal menjadi 30, 15 dan 7.5
 - purata sela masa, untuk bilangan dadu yang tertinggal menjadi separuh jika setiap lontaran mewakili masa satu minit
- Adakah keputusan kelas anda akan berubah jika aktiviti tersebut diulangi dengan dadu yang menunjukkan nombor "1" untuk suatu lontaran?
- Apakah ciri-ciri reputan radioaktif yang ditunjukkan dalam aktiviti ini?

Dalam Aktiviti 6.3, setiap dadu mewakili satu nukleus radioaktif. Dadu yang menunjukkan nombor "3" mewakili nukleus yang telah mereput. Dadu yang tertinggal dianggap sebagai nukleus yang belum mereput. Bilangan dadu yang menunjukkan nombor "3" mewakili **keaktifan** sampel radioaktif. Keputusan kelas anda tidak akan berubah jika aktiviti tersebut diulang dengan dadu yang menunjukkan nombor "1" untuk suatu lontaran kerana kebarangkalian untuk semua nombor adalah sama.



INFO Celik

Keaktifan sampel radioaktif berkadar terus dengan bilangan nukleus radioaktif yang terdapat dalam sampel pada ketika itu. Keaktifan suatu sampel radioaktif ialah reputan per saat, iaitu bilangan zarah radioaktif yang dipancarkan sesaat.

Konsep separuh hayat juga boleh dinyatakan dalam bentuk siri reputan seperti yang berikut:

$$N_0 \xrightarrow{T_{\frac{1}{2}}} \left(\frac{N_0}{2}\right) \xrightarrow{T_{\frac{1}{2}}} \left(\frac{N_0}{4}\right) \xrightarrow{T_{\frac{1}{2}}} \left(\frac{N_0}{8}\right) \xrightarrow{T_{\frac{1}{2}}} \dots \xrightarrow{T_{\frac{1}{2}}} \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0$$

Bilangan nukleus radioaktif yang belum reput, $N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0$

iaitu, N_0 = bilangan asal nukleus radioaktif

n = bilangan separuh hayat (terhad kepada integer positif)

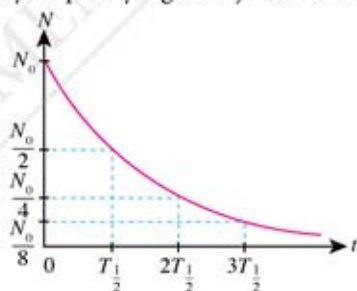
$T_{\frac{1}{2}}$ = separuh hayat bahan radioaktif

Jadual 6.2 menunjukkan perubahan bilangan nukleus radioaktif dalam lima separuh hayat yang berturutan.

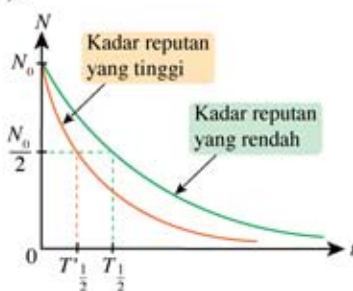
Jadual 6.2 Perubahan bilangan nukleus dalam lima separuh hayat

Separuh hayat	Kadaan asal	$T_{\frac{1}{2}}$	$2T_{\frac{1}{2}}$	$3T_{\frac{1}{2}}$	$4T_{\frac{1}{2}}$	$5T_{\frac{1}{2}}$
Bilangan nukleus radioaktif yang belum reput	N_0	$\frac{1}{2}N_0$	$\left(\frac{1}{2}\right)^2 N_0$ $= \frac{1}{4}N_0$	$\left(\frac{1}{2}\right)^3 N_0$ $= \frac{1}{8}N_0$	$\left(\frac{1}{2}\right)^4 N_0$ $= \frac{1}{16}N_0$	$\left(\frac{1}{2}\right)^5 N_0$ $= \frac{1}{32}N_0$
Bilangan nukleus radioaktif yang telah mereput	$N_0 - N_0 = 0$	$N_0 - \frac{1}{2}N_0$ $= \frac{1}{2}N_0$	$N_0 - \frac{1}{4}N_0$ $= \frac{3}{4}N_0$	$N_0 - \frac{1}{8}N_0$ $= \frac{7}{8}N_0$	$N_0 - \frac{1}{16}N_0$ $= \frac{15}{16}N_0$	$N_0 - \frac{1}{32}N_0$ $= \frac{31}{32}N_0$
Nukleus radioaktif yang belum reput Nukleus radioaktif yang telah mereput						

Graf lengkung bagi reputan radioaktif adalah seperti yang dipaparkan dalam Rajah 6.7(a). Semakin singkat masa separuh hayat suatu sampel radioaktif ($T'_{\frac{1}{2}} < T_{\frac{1}{2}}$), semakin tinggi kadar reputannya seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.7(b).



(a)



(b)

Rajah 6.7 Graf lengkung bagi reputan radioaktif

Contoh 1

Suatu sampel bahan radioaktif yang disimpan di dalam makmal mempunyai keaktifan awal 480 s^{-1} . Jika separuh hayatnya ialah 6 minit, berapakah keaktifannya selepas 30 minit?

CUBA JAWAB



<http://bit.ly/2QqVcE0>

Penyelesaian

Langkah 1:

Mengenal pasti masalah

Langkah 2:

Mengenal pasti maklumat yang diberikan

Langkah 3:

Mengenal pasti rumus yang boleh digunakan

Langkah 4:

Menyelesaikan masalah secara numerikal

1 Keaktifan bahan radioaktif dalam masa, $t = 30$ minit

2 Keaktifan awal bahan radioaktif, $A_0 = 480 \text{ s}^{-1}$
Separuh hayat, $T_{\frac{1}{2}} = 6$ minit

3 Keaktifan akhir, $A = \left(\frac{1}{2}\right)^n A_0$

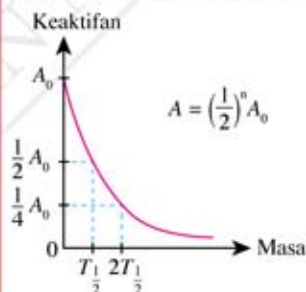
4 Bilangan separuh hayat dalam 30 minit,

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{30 \text{ minit}}{6 \text{ minit}} = 5 \text{ separuh hayat}$$

Keaktifan sampel selepas 30 minit

$$A = \left(\frac{1}{2}\right)^5 \times 480 \text{ s}^{-1} = 15 \text{ s}^{-1}$$

Galeri MAKLUMAT



Contoh 2

Suatu bahan radioaktif yang disimpan di dalam makmal mempunyai separuh hayat 10 hari. Hitungkan bilangan hari yang diambil untuk keaktifan bahan radioaktif tinggal 25% daripada keaktifan asalnya.

Penyelesaian



Hari yang diambil $= 2 \times 10$
 $= 20$ hari

Maka selepas 20 hari, keaktifan bahan radioaktif itu akan tinggal 25% daripada keaktifan asalnya.

Contoh 3

Nisbah bilangan nukleus argon-40 kepada kalium-40 dalam satu sampel batu-batuan dari gunung berapi ialah 3 : 1. Semasa pembentukan awal batu-batuan, tiada sebarang unsur argon yang terperangkap di dalamnya. Jika kalium-40 mereput kepada argon-40 dengan separuh hayat 1 250 juta tahun, anggarkan usia batu-batuan tersebut.

Penyelesaian

Jadual 6.3

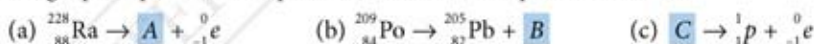
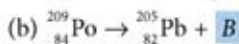
Separuh hayat	Keadaan asal	$T_{\frac{1}{2}}$	$2T_{\frac{1}{2}}$
Bilangan nukleus kalium-40 yang belum reput	N_0	$\frac{1}{2}N_0$	$\frac{1}{2}(\frac{1}{2}N_0) = \frac{1}{4}N_0$
Bilangan nukleus argon-40 yang terbentuk	0	$N_0 - \frac{1}{2}N_0 = \frac{1}{2}N_0$	$N_0 - \frac{1}{4}N_0 = \frac{3}{4}N_0$
Nisbah argon-40 : kalium-40	–	1 : 1	3 : 1

Jadual 6.3 menunjukkan kaedah anggaran usia batu-batuan. Nisbah bilangan atom argon-40 kepada kalium-40 dalam sampel batu-batuan tersebut ialah 3 : 1 selepas dua separuh hayat.

Maka, usia batu = $2 \times 1\,250$ juta tahun
 = 2 500 juta tahun

Praktis Formatif 6.1

1. Lengkapkan persamaan reputan radioaktif. Kenal pasti A, B dan C.



2. Suatu siri reputan sumber radioaktif ialah ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb}$. Tentukan bilangan zarah α dan zarah β yang dipancarkan.
3. Jadual 6.4 menunjukkan rekod keaktifan satu sampel radioaktif yang disimpan di dalam makmal.

Jadual 6.4

Tarikh	10 Januari 2020	20 Januari 2020	30 Januari 2020
Keaktifan / s^{-1}	1 520	380	95

- (a) Tentukan separuh hayat sampel radioaktif tersebut.
- (b) Lakarkan graf lengkung reputan radioaktif untuk sampel tersebut.

Matahari membekalkan tenaga cahaya dan tenaga haba kepada Bumi sejak berjuta-juta tahun dahulu. Tindak balas pelakuran nukleus hidrogen berlaku dalam teras Matahari pada tekanan yang sangat tinggi. Dalam tindak balas ini, dua nukleus hidrogen akan bercantum membentuk satu nukleus helium dan membebaskan tenaga nuklear. Tenaga ini dipancarkan ke permukaan Matahari dalam bentuk tenaga cahaya dan tenaga haba seperti yang ditunjukkan dalam Gambar foto 6.1.

Tenaga nuklear dikenali sebagai **tenaga atom** yang dibebaskan semasa tindak balas nuklear seperti reputan radioaktif, pembelahan nukleus dan pelakuran nukleus.



Gambar foto 6.1 Tenaga cahaya dan tenaga haba yang dipancarkan ke permukaan Matahari



Malaysiaku Gemilang

Sejarah tenaga nuklear di Malaysia bermula dengan penubuhan sebuah Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (PUSPATI) di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar pada 19 September 1972. Kini, pusat ini dikenali sebagai Agensi Nuklear Malaysia (ANM).



Aktiviti 6.4

KIAK / KMK

Tujuan: Membandingkan pembelahan nukleus dan pelakuran nukleus

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini dalam bentuk *Table Talkers*.
2. Teliti kata kunci di dalam kad-kad yang diberikan.
3. Imbas kod QR untuk menonton video tentang pembelahan nukleus dan pelakuran nukleus.
4. Setiap kumpulan dikehendaki:
 - (a) menerangkan kata kunci di dalam kad-kad tersebut dengan merujuk kepada video tersebut
 - (b) bandingkan kedua-dua tindak balas tersebut

Perbincangan:

Bandingkan antara pembelahan nukleus dengan pelakuran nukleus menggunakan peta pemikiran yang sesuai.



IMBAS SAYA

Video
pembelahan
nukleus

<http://bit.ly/2rADgP6>



IMBAS SAYA

Video
pelakuran nukleus

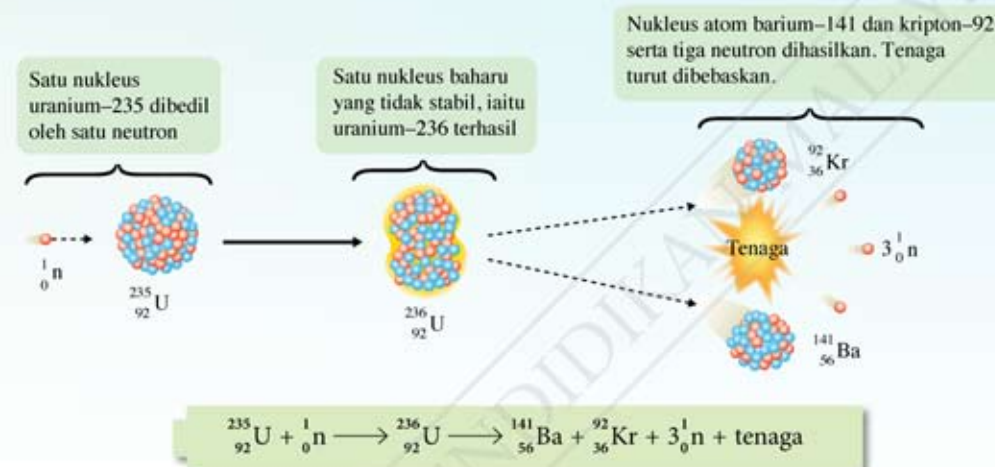
<http://bit.ly/2rrG1Sy>

Pembelahan nukleus dan pelakuran nukleus merupakan dua tindak balas nuklear yang menghasilkan tenaga nuklear. Kehilangan jisim (cacat jisim) berlaku semasa tindak balas nuklear. Rajah 6.8 menunjukkan tindak balas pembelahan nukleus manakala Rajah 6.9 menunjukkan tindak balas pelakuran nukleus.

Pembelahan nukleus

Pembelahan nukleus ialah tindak balas nuklear apabila satu nukleus yang berat membelah menjadi dua atau lebih nukleus yang lebih ringan dengan membebaskan tenaga yang banyak.

Contohnya:



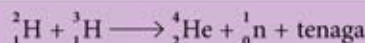
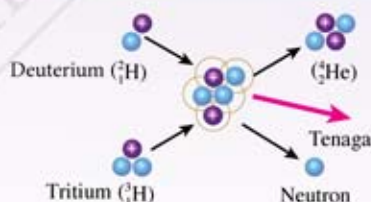
Rajah 6.8 Pembelahan nukleus yang melibatkan uranium yang dibedil oleh satu neutron

Pelakuran nukleus

Pelakuran nukleus ialah tindak balas nuklear apabila nukleus yang kecil dan ringan bercantum untuk membentuk satu nukleus yang berat dengan membebaskan tenaga yang banyak. Tindak balas ini berlaku pada keadaan suhu dan tekanan yang amat tinggi.

Contohnya:

Pelakuran nukleus melibatkan deuterium dan tritium bagi menghasilkan nukleus helium yang lebih berat. Tenaga dan satu neutron turut dibebaskan.



Rajah 6.9 Pelakuran nukleus yang melibatkan deuterium dan tritium



IMBAS SAYA

Eduweb TV:
Tenaga nuklear

<http://bit.ly/2Sy4Es2>

Hubungan antara Tenaga yang Dibebaskan Semasa Tindak Balas Nuklear dengan Cacat Jisim

Unit jisim atom (u.j.a) digunakan sebagai ukuran jisim suatu atom. Jisim satu atom adalah sangat kecil dan sukar diukur menggunakan unit seperti gram atau kilogram. Maka, perbandingan relatif di antara jisim atom lain dengan jisim satu atom karbon-12 telah digunakan. Isotop karbon-12 digunakan sebagai rujukan kerana karbon terkandung dalam banyak sebatian yang ditemui di Bumi. Jalankan Aktiviti 6.5 untuk membincangkan u.j.a menggunakan jisim satu atom karbon-12 dan nombor Avogadro.



Aktiviti 6.5

KBMM

Tujuan: Membincangkan unit jisim atom (u.j.a) dengan menggunakan jisim satu atom karbon-12 dan nombor Avogadro

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Imbas kod QR dan cetak Rajah 6.10.
3. Bincangkan dengan pasangan anda dan lengkapkan Rajah 6.10.



IMBAS SAYA

Lembaran kerja
(Rajah 6.10)

<http://bit.ly/3640HPy>

Nombor Avogadro ialah bilangan atom yang terdapat dalam 1 mol karbon-12, iaitu

$$N_A = \text{_____} \text{ atom}$$



Jisim satu atom karbon-12 ditetapkan sebagai 12 u.j.a



1 u.j.a ditakrifkan sebagai jisim yang bersamaan dengan _____ daripada jisim atom karbon-12.



Jisim satu mol karbon-12 = _____ kg



Oleh itu,

Jisim bagi satu atom karbon-12 ialah _____.

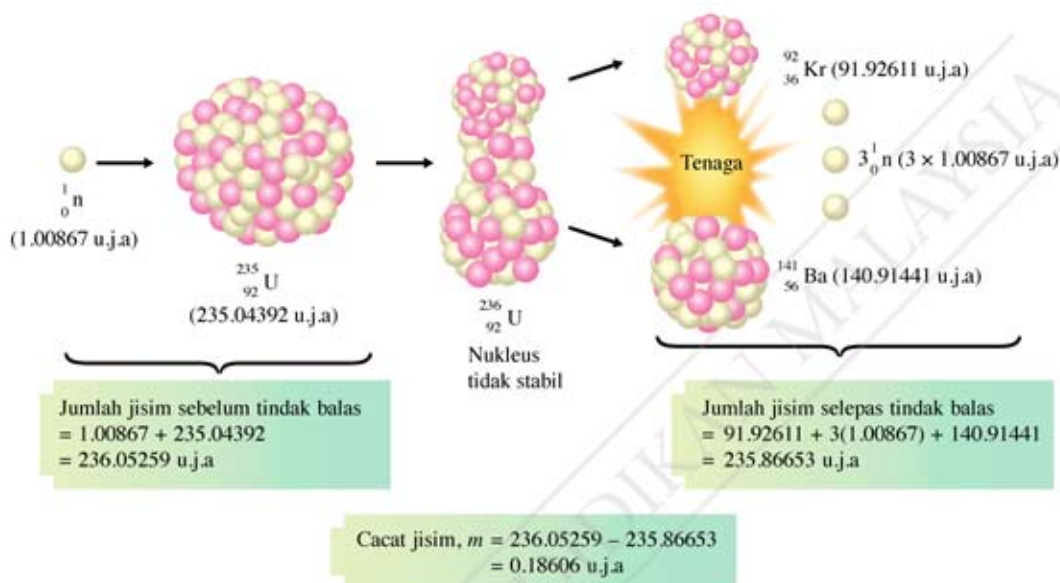


Dari definisi unit jisim atom (u.j.a) :

$$\begin{aligned} 1 \text{ u.j.a} &= \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \times \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \\ &= \text{_____ kg} \end{aligned}$$

Rajah 6.10 Definisi unit jisim atom (u.j.a)

Jumlah jisim selepas reputan radioaktif adalah sentiasa kurang daripada jumlah jisim sebelum reputan radioaktif. Kehilangan jisim ini dikenali sebagai **cacat jisim**, m . Rajah 6.11 menunjukkan contoh perubahan jumlah jisim sebelum dan selepas tindak balas pembelahan nukleus.



Rajah 6.11 Contoh cacat jisim dalam tindak balas pembelahan nukleus

Hubungan antara tenaga yang dibebaskan semasa tindak balas nuklear dengan cacat jisim boleh dirumuskan melalui persamaan yang berikut:

$$E = mc^2$$

iaitu, E = jumlah tenaga yang dibebaskan
 m = cacat jisim
 c = laju cahaya dalam vakum
 $1 \text{ u.a} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Berdasarkan pengetahuan tentang u.a dan persamaan $E = mc^2$, kita dapat menghitung tenaga nuklear yang dihasilkan daripada proses reputan radioaktif dan tindak balas nuklear.

EMK Sejarah

Albert Einstein menyatakan bahawa jisim dan tenaga boleh saling bertukar antara satu sama lain. Hubungan antara dua kuantiti itu dinyatakan dalam persamaan $E = mc^2$.

Galeri MAKLUMAT

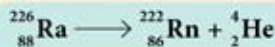
Tenaga nuklear boleh dinyatakan dalam unit megaelectronvolts, MeV.

$$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

Menyelesaikan Masalah yang Melibatkan Tenaga Nuklear daripada Reputan Radioaktif dan Tindak Balas Nuklear

Contoh 1

Persamaan di bawah menunjukkan radium-226 mereput menjadi radon-222 dengan memancarkan zarah alfa.



Diberi jisim ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ialah 226.54 u.j.a, jisim ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ ialah 222.018 u.j.a dan jisim ${}^4_2\text{He}$ ialah 4.003 u.j.a. Hitungkan tenaga nuklear yang dibebaskan. [1 u.j.a = 1.66×10^{-27} kg dan laju cahaya dalam vakum, $c = 3.00 \times 10^8$ m s⁻¹]

CUBA JAWAB



<http://bit.ly/39geRPK>

Penyelesaian

Langkah 1:

Mengenal pasti masalah

Langkah 2:

Mengenal pasti maklumat yang diberikan

Langkah 3:

Mengenal pasti rumus yang boleh digunakan

Langkah 4:

Menyelesaikan masalah secara numerikal

1 Tenaga nuklear yang dibebaskan

2 Jisim ${}^{226}_{88}\text{Ra} = 226.54$ u.j.a

Jisim ${}^{222}_{86}\text{Rn} = 222.018$ u.j.a

Jisim ${}^4_2\text{He} = 4.003$ u.j.a

Laju cahaya dalam vakum,
 $c = 3.00 \times 10^8$ m s⁻¹

1 u.j.a. = 1.66×10^{-27} kg

3 Tenaga nuklear yang dibebaskan, $E = mc^2$

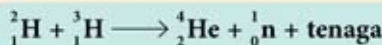
4 Cacat jisim, $m = 226.54 - (222.018 + 4.003)$
 $= 0.519$ u.j.a

Cacat jisim, m (dalam unit kg) = $0.519 \times 1.66 \times 10^{-27}$
 $= 8.6154 \times 10^{-28}$ kg

$E = mc^2$
 $= 8.6154 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^8)^2$
 $= 7.75 \times 10^{-11}$ J

Contoh 2

Matahari merupakan sumber tenaga kepada Bumi. Tenaga ini dihasilkan oleh tindak balas pelakuran nukleus yang berlaku dalam teras Matahari seperti yang ditunjukkan dalam persamaan yang berikut:



Hitungkan tenaga nuklear yang dibebaskan dalam unit joule.

[Jisim ${}^2_1\text{H} = 2.014$ u.j.a, jisim ${}^3_1\text{H} = 3.016$ u.j.a, jisim ${}^4_2\text{He} = 4.003$ u.j.a, jisim ${}^1_0\text{n} = 1.009$ u.j.a, 1 u.j.a = 1.66×10^{-27} kg dan laju cahaya dalam vakum, $c = 3.0 \times 10^8$ m s⁻¹]

Penyelesaian

Cacat jisim, m

$= (2.014 + 3.016) - (4.003 + 1.009)$

$= 5.030 - 5.012$

$= 0.018$ u.j.a

Maka, $m = 0.018 \times 1.66 \times 10^{-27}$ kg

$m = 2.988 \times 10^{-29}$ kg

$E = mc^2$

$= 2.988 \times 10^{-29} \times (3.0 \times 10^8)^2$

$= 2.69 \times 10^{-12}$ J

Penjanaan Tenaga Elektrik dalam Reaktor Nuklear

Gambar foto 6.2 menunjukkan sebuah reaktor nuklear. Apakah jenis tindak balas nuklear yang berlaku dalam reaktor nuklear bagi tujuan menjana tenaga elektrik?

Galeri MAKLUMAT

Malaysia tidak mempunyai reaktor nuklear untuk penjanaan tenaga elektrik. Reaktor nuklear penyelidikan **TRIGA PUSPATI (RTP)** yang terletak di Bangi dibina bagi tujuan penyelidikan berkaitan bidang sains nuklear dan pendidikan.



<http://bit.ly/3fTxJIX>



Gambar foto 6.2 Reaktor nuklear



Aktiviti 6.6

KIAK / KMK

Tujuan: Mencari maklumat tentang penjanaan tenaga elektrik dalam reaktor nuklear

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini dalam bentuk *Envoys*.
2. Imbas kod QR yang diberikan atau rujuk bahan rujukan yang sesuai tentang penjanaan tenaga elektrik dalam reaktor nuklear.
3. Bincangkan tentang perkara yang berikut:
 - (a) Apakah tindak balas nuklear yang berlaku dalam reaktor nuklear?
 - (b) Apakah perubahan tenaga yang berlaku di dalam reaktor nuklear?
 - (c) Mengapakah pelakuran nukleus tidak digunakan dalam industri penjanaan tenaga elektrik pada masa kini?
4. Bentangkan hasil dapatan anda.

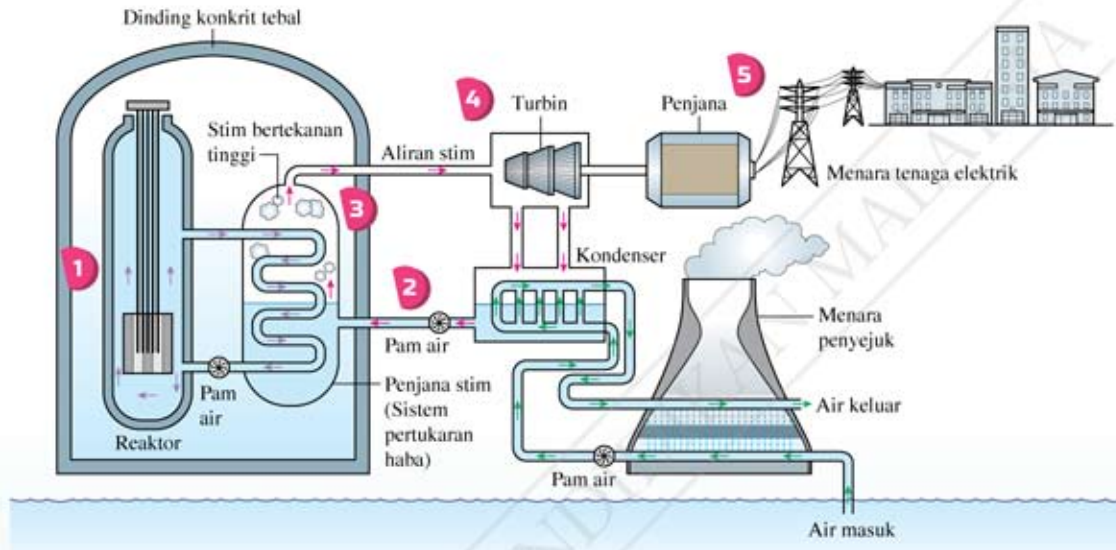


IMBAS SAYA

Video prinsip kerja reaktor nuklear

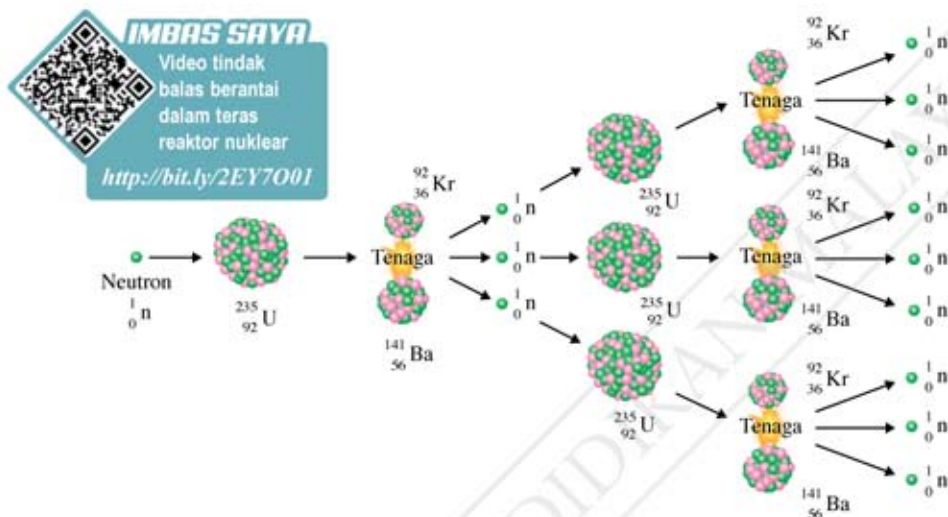
<http://bit.ly/2EUT2HF>

Rajah 6.12 menunjukkan struktur reaktor nuklear dan proses penjanaan tenaga elektrik di stesen jana kuasa nuklear.



Rajah 6.12 Struktur reaktor nuklear dan proses penjanaan tenaga elektrik di stesen jana kuasa nuklear

Di dalam reaktor nuklear, tindak balas pembelahan nukleus uranium-235 menghasilkan dua nukleus anak, tiga neutron yang bergerak pantas dan membebaskan tenaga yang besar. Neutron-neutron tersebut akan membedil nukleus uranium-235 yang lain dan akan membebaskan neutron yang lebih banyak melalui pembelahan nukleus yang berterusan. Tindak balas berterusan ini dikenali sebagai **tindak balas berantai**. Rajah 6.13 menunjukkan tindak balas berantai uranium-235.



Rajah 6.13 Tindak balas berantai uranium-235

Tindak balas berantai yang berlaku dalam teras reaktor perlu dikawal. Reaktor perlu mempunyai struktur binaan yang boleh menghalang kebocoran sinaran radioaktif ke persekitaran. Bagaimanakah kita dapat mengawal penghasilan tenaga semasa tindak balas berantai serta dapat memastikan sebuah reaktor nuklear itu selamat untuk penjana tenaga elektrik?



Aktiviti 6.1

KIAK / KMK

Tujuan: Membincangkan tindak balas berantai dan cara pengawalan tenaga yang terhasil dalam reaktor nuklear

Arahan:

- Jalankan aktiviti ini dalam bentuk *Talk Partners*.
- Imbas kod QR yang diberikan atau rujuk sumber bacaan untuk mendapatkan maklumat tentang tindak balas berantai dan cara pengawalan tenaga yang terhasil dalam teras reaktor nuklear.
- Berdasarkan maklumat yang diperoleh:
 - tuliskan persamaan tindak balas pembelahan nukleus uranium-235 apabila dibedil dengan satu neutron
 - bincangkan cara-cara pengawalan tenaga yang terhasil semasa tindak balas berantai dalam reaktor nuklear
- Bentangkan hasil carian anda.

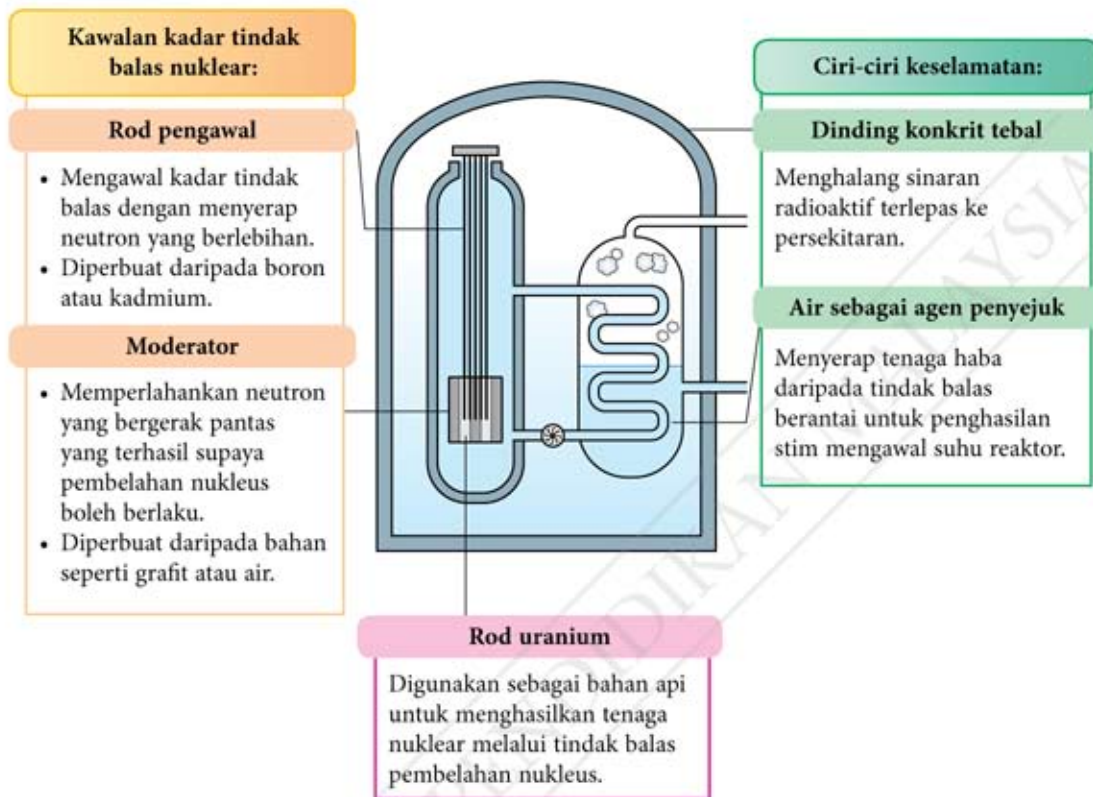


IMBAS SAYA

Video cara pengawalan tenaga dalam reaktor nuklear

<http://bit.ly/350kcXS>

Rajah 6.14 menunjukkan kawalan kadar tindak balas nuklear dan ciri-ciri keselamatan yang terdapat dalam sebuah reaktor nuklear.



Rajah 6.14 Kawalan kadar tindak balas nuklear dan ciri-ciri keselamatan sebuah reaktor nuklear

Penggunaan Tenaga Nuklear sebagai Tenaga Alternatif untuk Menjana Tenaga Elektrik

Di Malaysia, tenaga elektrik dijana menggunakan sumber arang batu, gas asli dan air. Empangan hidro di Bakun, Sarawak seperti dalam Gambar foto 6.3 merupakan empangan kedua terbesar di Asia yang digunakan untuk menjana tenaga elektrik. Namun, negara seperti Amerika Syarikat, Jepun, Perancis, India dan China telah menggunakan tenaga nuklear bagi tujuan penjanaan tenaga elektrik. Mari kita jalankan aktiviti berikut untuk membandingkan penjanaan tenaga elektrik dari loji kuasa yang menggunakan arang batu, tenaga hidro dan tenaga nuklear.



Gambar foto 6.3 Empangan hidro di Bakun, Sarawak



Aktiviti 6.8

Penaklukan Logik KBMM KMK

Tujuan: Mencari maklumat untuk membandingkan penjanaan tenaga elektrik dari loji kuasa yang menggunakan arang batu, tenaga hidro dan tenaga nuklear

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Dapatkan maklumat tentang penjanaan tenaga elektrik dari loji kuasa yang menggunakan arang batu, tenaga hidro dan tenaga nuklear.
3. Aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan dalam carian maklumat adalah seperti yang berikut:
 - (a) kos dari segi pembinaan, operasi dan penyelenggaraan
 - (b) lokasi loji kuasa
 - (c) kesan kepada ekosistem dan jejak karbon
 - (d) isu keselamatan dan kesihatan
 - (e) teknologi dan kepakaran
 - (f) isu pengurusan sisa
4. Berdasarkan maklumat yang diperolehi, adakan satu forum bagi membincangkan kesesuaian loji reaktor nuklear dibina di Malaysia.



IMBAS SAYA

Video penjanaan tenaga elektrik

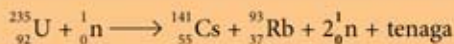
<http://bit.ly/37g5w8W>

Tenaga nuklear kini merupakan sumber alternatif untuk menjana kuasa elektrik bagi menampung permintaan tenaga yang semakin meningkat dan menggantikan sumber tenaga bahan api fosil.

Walau bagaimanapun, penggunaan tenaga ini masih menjadi isu yang hangat dibincangkan. Pada pendapat anda, wajarkah penggunaan tenaga nuklear sebagai tenaga alternatif digunakan untuk menjana tenaga elektrik di Malaysia?

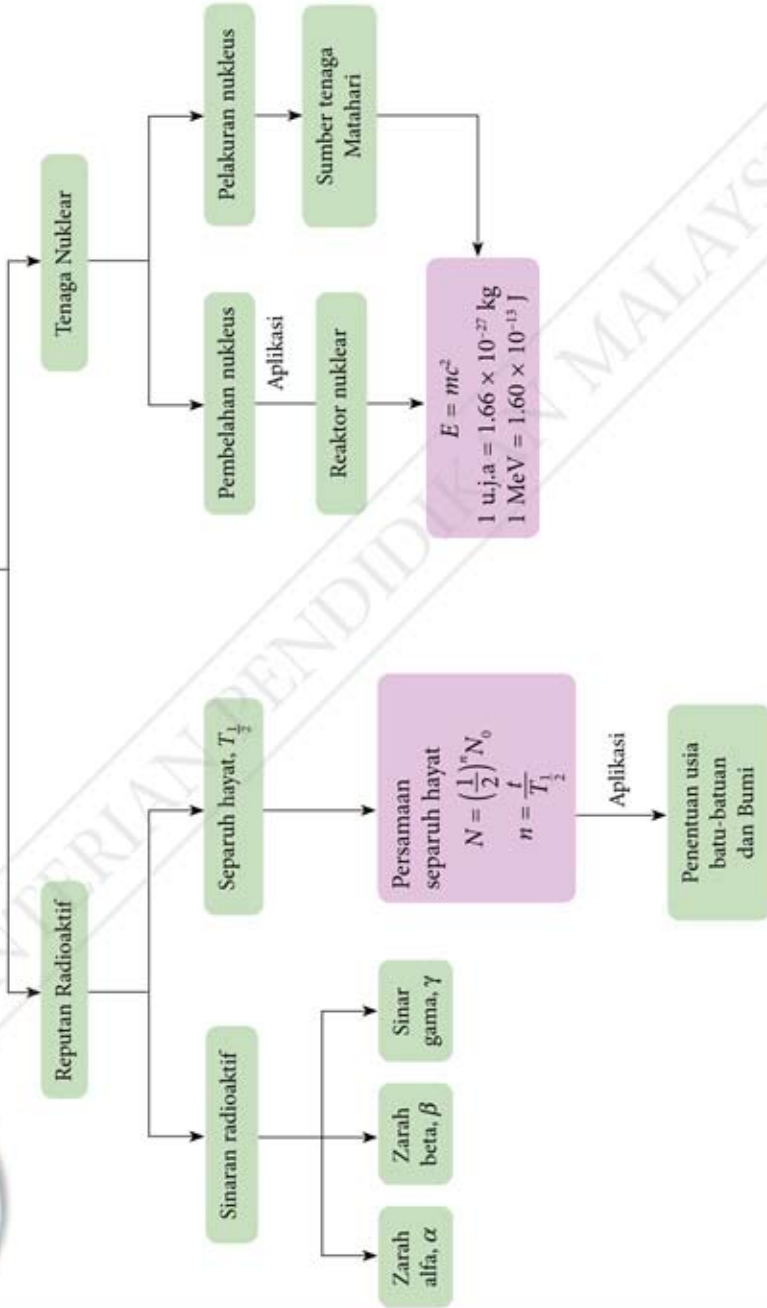
Praktis Formatif 6.2

1. Apakah yang dimaksudkan dengan pembelahan nukleus dan pelakuran nukleus?
2. Terangkan tindak balas berantai yang berlaku dalam sebuah reaktor nuklear.
3. Terangkan bagaimana sebuah reaktor nuklear dapat menjana tenaga elektrik.
4. Satu tindak balas nuklear diwakili oleh persamaan yang berikut:



Cacat jisim dalam tindak balas ini ialah 0.19585 u.j.a. Hitungkan tenaga yang dibebaskan oleh tindak balas tersebut.

Fizik Nuklear





IMBAS SAYA

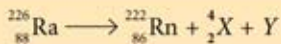
Muat turun dan
cetak Refleksi<http://bit.ly/2F3xFDv>

- Perkara baharu yang saya pelajari dalam bab Fizik Nuklear ialah .
- Perkara paling menarik yang saya pelajari dalam bab ini ialah .
- Perkara yang saya masih kurang fahami ialah .
- Prestasi saya dalam bab ini.
Kurang baik 1 2 3 4 5 Sangat baik
- Saya perlu untuk meningkatkan prestasi saya dalam bab ini.

Praktis Sumatif

<http://bit.ly/2QxKifM>

- Terangkan maksud istilah berikut:
 - reputan radioaktif
 - separuh hayat
 - tenaga nuklear
- Berikut menunjukkan satu persamaan reputan radioaktif:



- Kenal pasti X dan Y dalam persamaan reputan tersebut.
 - Berapakah zarah α dan β yang akan terbebas apabila ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ mereput menjadi ${}_{82}^{210}\text{Pb}$?
- Astatine-218 mempunyai separuh hayat 1.6 s. Berapa lamakah masa yang diambil oleh 99% nukleus dalam satu sampel astatine-218 untuk mereput?
 - Radium-226 mempunyai separuh hayat 1 600 tahun. Berapakah peratus suatu sampel radium-226 yang akan tertinggal selepas 8 000 tahun?

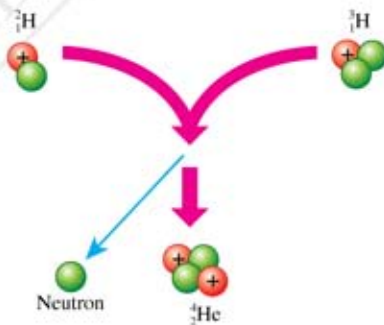
4. Semasa pembentukan batu-batuan, radioisotop uranium-238 terperangkap. Kadar reputan uranium-238 adalah rendah dan hasil akhir siri reputan itu ialah plumbum-206. Jadual 1 menunjukkan komposisi sampel batu-batuan purba A dan B.

Jadual 1

	Sampel A	Sampel B
Nisbah uranium-238 kepada plumbum-206	5 : 1	7 : 1

- (a) Antara sampel batu-batuan A dan B, yang manakah lebih berusia? Beri justifikasi kepada jawapan anda.
- (b) Komposisi nukleus plumbum tidak mungkin lebih banyak berbanding dengan nukleus uranium dalam suatu sampel batu-batuan purba. Jelaskan jawapan anda.
5. Karbon-14 mempunyai separuh hayat 5 730 tahun.
- (a) Berapakah pecahan karbon yang belum reput dalam sampel satu objek purba pada akhir 1.719×10^4 tahun?
- (b) Berdasarkan jawapan 5(a), lakarkan graf lengkung reputan bagi karbon-14 dalam sampel objek purba.

6. Dalam suatu tindak balas nuklear seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1, jumlah jisim zarah-zarah yang terhasil adalah lebih kecil daripada jisim zarah asal. Tindak balas nuklear itu mengalami suatu cacat jisim. Jisim yang hilang itu bertukar kepada tenaga nuklear.



Rajah 1

- (a) Namakan tindak balas nuklear tersebut dan tuliskan persamaan yang terlibat.
- (b) Hitungkan cacat jisim dan tenaga nuklear yang dibebaskan.

[Jisim ${}^2_1\text{H} = 2.01410$ u.j.a., jisim ${}^3_1\text{H} = 3.01605$ u.j.a.,
jisim ${}^4_2\text{He} = 4.00260$ u.j.a., jisim ${}_0^1\text{n} = 1.00866$ u.j.a.,
1 u.j.a. = 1.66×10^{-27} kg dan laju cahaya dalam vakum, $c = 3.00 \times 10^8$ m s $^{-1}$]

7. Suatu siri reputan sumber radioaktif bagi uranium-235 ialah



- (a) Berapakah bilangan zarah α dan zarah β yang dipancarkan?
- (b) Lakarkan satu graf nombor nukleon lawan nombor atom yang mungkin bagi siri reputan tersebut.

8. Rajah 2 menunjukkan perubahan tenaga yang berlaku daripada tenaga nuklear kepada tenaga elektrik dalam reaktor nuklear.



Rajah 2

- Bagaimanakah tenaga nuklear dihasilkan dalam sebuah reaktor?
- Bagaimanakah tenaga haba ditukar menjadi tenaga kinetik daripada putaran turbin? Jelaskan jawapan anda.
- Tenaga kinetik daripada putaran turbin dapat menghasilkan tenaga elektrik. Bagaimanakah proses ini berlaku? Jelaskan.
- Biasanya, menara penyejukan yang tinggi dibina di stesen jana kuasa nuklear. Terangkan sebabnya.

Cabaran Abad ke-21

9. Sebuah agensi nuklear bercadang untuk membina stesen penjana kuasa nuklear di negara kita bagi menampung permintaan tenaga yang semakin meningkat. Namun, tindak balas pembelahan nukleus memerlukan bahan api uranium atau plutonium yang sangat mahal. Tambahan pula, isu pengurusan sisa radioaktif dan ancaman pencemaran alam sekitar juga membimbangkan orang ramai.

Andaikan anda sebagai seorang pakar sains nuklear yang ditugaskan untuk pembinaan stesen penjana kuasa nuklear. Bincangkan pertimbangan yang perlu dibuat berdasarkan aspek yang berikut:

- lokasi loji kuasa nuklear
- dinding teras reaktor
- dinding bangunan reaktor
- agen penyejuk
- kaedah pengawalan tenaga
- pengurusan sisa radioaktif
- langkah keselamatan

Berikan justifikasi bagi setiap cadangan anda.