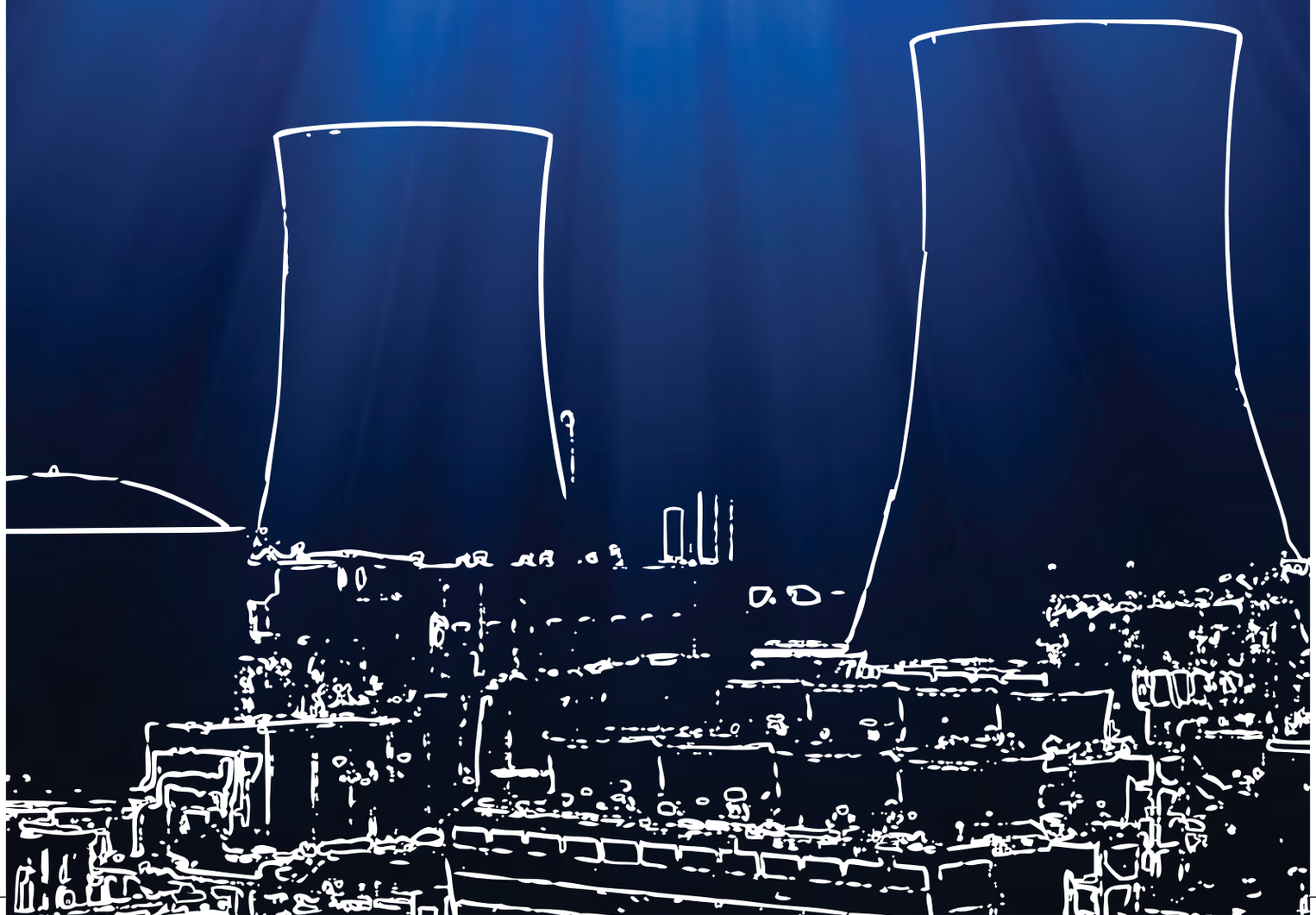
एनपीसीआईएल
NPCIL

इन्फोशीट
INFOSHEET



परमाणु क्या है ? न्यूक्लियस क्या है?

हम अपने आस-पास कई पदार्थ देखते हैं। ये वास्तव में किन चीजों से बने होते हैं?

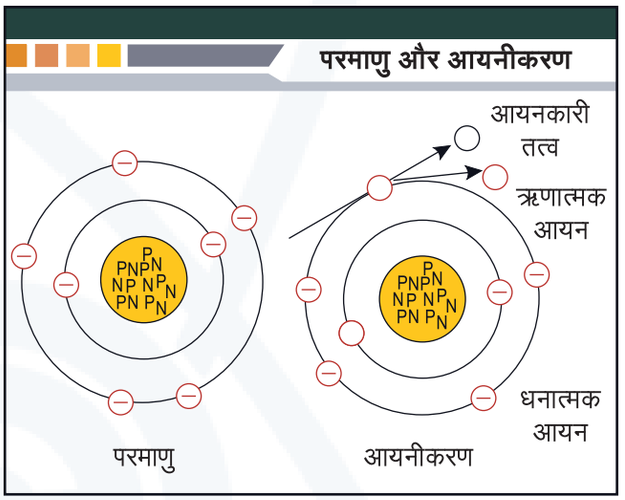
यह प्रश्न प्राचीन काल से पूछा जा रहा है। हम अब यह जानते हैं कि प्रत्येक पदार्थ सामान्यत: परमाणु के रूप में पहचाने जाने वाले अत्यंत सूक्ष्म कणों की बृहत् संख्या का एकत्रीकरण है। प्रकृति में 92 विभिन्न प्रकार के परमाणु मौजूद हैं।

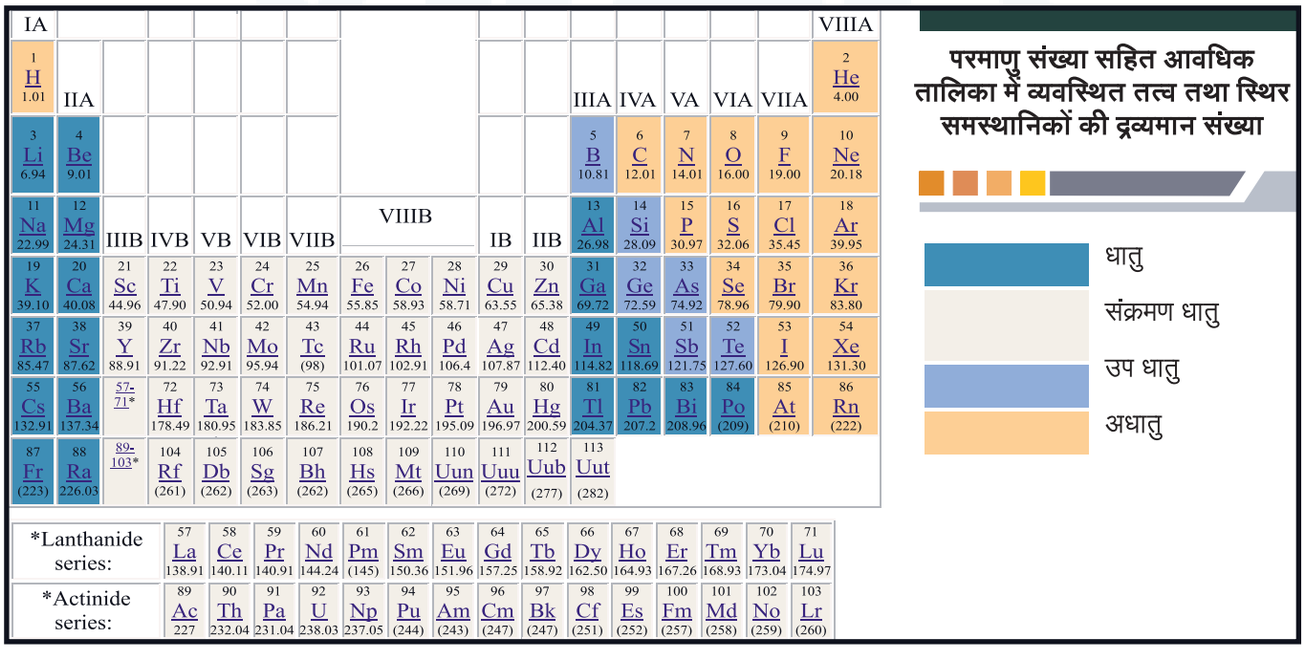
कुछ पदार्थों में केवल एक प्रकार के परमाणु सम्मिलित होते हैं। इन पदार्थों को तत्वों के रूप में जाना जाता है, उदाहरण: हाइड्रोजन, कार्बन, ऑक्सीजन तथा यूरेनियम। प्रकृति में इस प्रकार के 92 तत्व हैं। इन तत्वों के विभिन्न वैध सम्मिश्रणों के परिणामस्वरूप लाखों प्रकार के पदार्थ उत्पन्न होते हैं। इस प्रकार के पदार्थों में दो एवं अधिक प्रकार के परमाणु आपस में समूह में जुड़े हुए होते हैं,उदाहरण: जल, जिसमें रासायनिक रूप से अर्थात् अपने इलेक्ट्रॉन के माध्यम से आपस में जुड़े हुए हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन के परमाणु शामिल होते हैं। हाइड्रोजन के कुछ परमाणु अन्य से भारी होते हैं। जब ये हाइड्रोजन के भारी परमाणु ऑक्सीजन के परमाणुओं के साथ मिश्रित होते हैं तो हमें भारी पानी प्राप्त होता है।

परमाणु मीटर के दस बिलियनवें हिस्से में से एक के क्रम के व्यास सहित तत्व का न्यूनतम संभव कण होता है। एक परमाणु अत्यंत सूक्ष्म होता है। यह वास्तव में इतना सूक्ष्म होता है कि किसी पदार्थ की एक टी-स्पून में बिलियन व बिलियन परमाणु विद्यमान होते हैं। प्रत्येक तत्व में अपनी स्वयं की विशेषता वाले परमाणु होते हैं। जैसे कि ईंटों या पत्थरों से दीवार बनती है, वैसे ही परमाणु पदार्थ का निर्माण करते हैं।

*(*हालांकि परमाणु को सामान्यत: न्यूनतम एवं अखंडनीय कण के रूप में संदर्भित किया जाता है। परमाणु को और भी न्यूनतम उपपरमाण्विक कणों में विभाजित किया जा सकता है जिसमें, तथापि, तत्वों के विशेष गुण नहीं होते। अत: तत्व के वजूद को बरकरार रखने के लिए परमाणु को अखंडनीय माना जा सकता है।)*

परमाणु और आयनीकरण





परमाणु संख्या सहित आवधिक तालिका में व्यवस्थित तत्व तथा स्थिर समस्थानिकों की द्रव्यमान संख्या

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1 H 1.01																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.90	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30
55 Cs 132.91	56 Ba 137.34	57-71*	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.09	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.2	83 Bi 208.96	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.03	89-103*	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 Uut (282)					

*Lanthanide series:	57 La 138.91	58 Ce 140.11	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
*Actinide series:	89 Ac 227	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

धातु

संक्रमण धातु

उप धातु

अधातु

What is an atom? What is a nucleus?

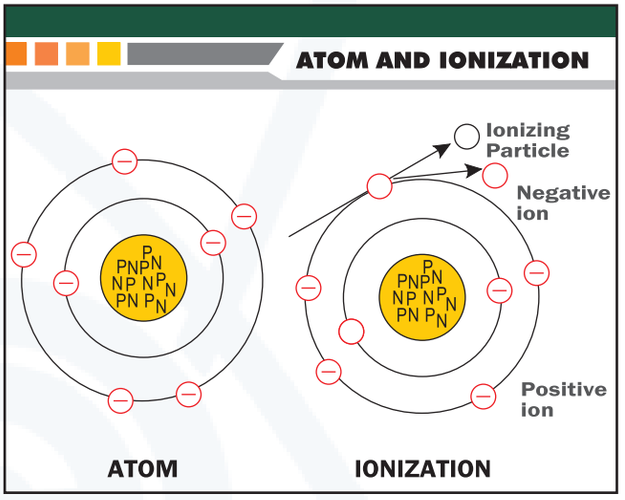
We see many substances around us. What are these made of really?
This question has been asked since ancient times. We now know that every substance is simply a collection of a large number of very minute particles known as atoms. There are 92 different kinds of atoms present in nature.

Some substances consist of only one kind of atoms. These substances are known as elements, e.g. hydrogen, carbon, oxygen and uranium. There are such 92 elements in nature. Different valid combinations of these elements result into millions of types of substances. Such substances contain two or more kinds of atoms joined together in groups, e.g. water, which contains atoms of hydrogen and oxygen joined together chemically, i.e. through their electrons. Some atoms of hydrogen are heavier than others. When these heavy hydrogen atoms combine with oxygen atoms, we get heavy water.

Atom is the smallest* possible particle of an element, with a diameter of the order of one in ten-billionth of a meter.

An atom is incredibly small. It is in fact so small that billions and billions of atoms exist in a teaspoon of matter. Each element has its own characteristic atoms. Just as a wall is built up of bricks or stones, atoms make up matter.

(*Although atom is generally referred to as the smallest and indivisible particle. The atom 'can' be split into still-smaller subatomic particles, which, however, do not have the characteristic properties of the elements. Hence, to retain the identity of the element, the atom may be regarded as indivisible.)



IA																VIIIA
1 H 1.01	IIA										IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01										5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB		IB	IIB	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.90	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30
55 Cs 132.91	56 Ba 137.34	57-71*	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.09	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.2	83 Bi 208.96	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.03	89-103*	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 Uut (282)					

*Lanthanide series:	57 La 138.91	58 Ce 140.11	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
*Actinide series:	89 Ac 227	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

ELEMENTS ARRANGED IN THE PERIODIC TABLE
WITH ATOMIC NUMBERS AND MASS NUMBERS OF STABLE ISOTOPES

Metals
Transition Metals
Metalloids
Nonmetals

परमाणु की एक आंतरिक संरचना होती है, जिसमें एक न्यूक्लियस होता है तथा उसके चारों ओर इलेक्ट्रॉन होते हैं। न्यूक्लियस में सन्निकट कण प्रोटोन एवं न्यूट्रॉन शामिल होते हैं जिनको सामूहिक रूप से न्यूक्लिओन कहा जाता है। न्यूक्लिओनों के चारों ओर इलेक्ट्रॉनों का आवरण होता है। प्रोटॉन **धनात्मक आवेशित** होते हैं जबकि न्यूट्रॉन में कोई चार्ज नहीं होता। इलेक्ट्रॉन **ऋणात्मक आवेशित** होते हैं तथा परमाणु संपूर्णत: विद्युतीय **उदासीन** होते हैं। यह भी नोट किया जाना चाहिए कि एक दिए गए तत्व में इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रोटॉनों के बराबर होती है।

प्रोटॉन एवं न्यूट्रॉन लगभग समान द्रव्यमान (1 परमाण्विक द्रव्यमान इकाई, अथवा 1 ए एम यू) के कण होते हैं तथा परमाणु के कुल द्रव्यमान का गठन करते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि इलेक्ट्रॉन, जो कि न्यूक्लियस के बाहर होते हैं, का द्रव्यमान कम होता है तथा समस्त व्यावहारिक उद्देश्यों के लिए उनके भार को नगण्य माना जाता है। यह भी नोट किया जाए कि तत्व की "द्रव्यमान संख्या" की गणना के उद्देश्य से ए एम यू को निकटतम पूर्णांको से पूर्ण कर लिया जाता है। जैसा कि इस पैरा में पहले भी उल्लिखित है कि इलेक्ट्रॉन का भार नगण्य होने के कारण इसे द्रव्यमान संख्या की गणना के लिए नहीं लिया जाता है। इन उपपरमाण्विक कणों का विवरण निम्नलिखित तालिका में दिया गया है :

उपपरमाणु कणों पर एक नजर

कण	आवेश	द्रव्यमान ग्राम	परमाणु भार (ए एम यू)+
प्रोटॉन (पी)	धनात्मक	$1.672 \times 10^{-24*}$ (+ई)	1.00732
न्यूट्रॉन (एन)	उदासीन	$1.675 \times 10^{-24*}$ (ओ)	1.00871
इलेक्ट्रॉन (ई)	ऋणात्मक	$9.108 \times 10^{-28*}$	5.486×10^{-4}

*उदाहरण 1 मिलिया में 1 को 1/1.000,000 या 10^{-6}
+ 1 परमाण्विक द्रव्यमान इकाई (ए एम यू) 1.66×10^{-24}

किसी भी तत्व का परमाण्विक भार न्यूक्लियस में **विद्यमान** प्रोटॉन एवं न्यूट्रॉन की संख्या को जोड़कर प्राप्त किया जा सकता है। रेडियोन्यूक्लाइड X को प्रस्तुत करने का स्वीकृत तरीका है ${}^{A}X_{Z}$, जिसमें A परमाणु भार (अथवा द्रव्यमान संख्या) है तथा Z परमाणु संख्या है। अत:, A = N+P, तथा P=Z । एक दिए गए तत्व में परमाणु संख्या सदैव निर्धारित संख्या होती है जो कि अपने किसी भी परमाणु के न्यूक्लियस में प्रोटॉन की संख्या को दर्शाती है। तथापि, प्रकृति में ज्यादातर एक दिया गया समान तत्व हलके अथवा भारी प्रकार में विद्यमान हो सकता है जो कि "आइसोटोप" के तथ्य को जन्म देता है। किसी परमाणु के आइसोटोप में समान संख्या में प्रोटॉन होते हैं परंतु उनके न्यूक्लाई में विभिन्न संख्या में न्यूट्रॉन होते हैं, अत: आइसोटोप को समान तत्व के अन्य आइसोटोप से या तो हलका अथवा भारी बनाते हैं।

जैसा कि पहले भी दिया गया है, परमाणु संख्या एक दिए गए परमाणु में न्यूक्लियस में प्रोटॉनों की संख्या होती है। अब, चलिए हम सोने (रसायनिक चिह्न Au) के परमाणु को प्रस्तुत करते हैं जो कि इस प्रकार से होगा ${}^{197}Au_{79}$। इसका अर्थ है कि स्वर्ण परमाणु के न्यूक्लियस में 79 प्रोटॉन एवं 118 न्यूट्रॉन शामिल हैं। द्रव्यमान संख्या (N+P) सदैव तत्व चिह्न के बाईं -ओर ऊपर दी जाती है जबकि दाई-ओर नीचे की संख्या परमाणु संख्या दर्शाती है। आइसोटोप को हमेशा संक्षिप्त रूप ${}^{234}U_{92}$, अथवा यूरेनियम-234 में प्रस्तुत किया जा सकता है। विभिन्न द्रव्यमान संख्या परंतु समान रासायनिक तत्व वाले परमाणुओं को आइसोटोप कहा जाता है। अत:, हाइड्रोजन में तीन भिन्न प्रकार के आइसोटोप होते हैं : ${}^{1}H_{1}$, ${}^{2}H_{1}$, तथा ${}^{3}H_{1}$ (हाइड्रोजन, डियूटेरियम तथा ट्रीशियम)। समस्त यूरेनियम आइसोटोप न्यूक्लाई में 92 प्रोटॉन होते हैं तथा यूरेनियम के आइसोटोप में क्रमश: 142 न्यूट्रॉन (${}^{234}U_{92}$), 143 न्यूट्रॉन (${}^{235}U_{92}$) तथा 146 न्यूट्रॉन (${}^{238}U_{92}$) होते हैं।

विकिरण तथा विकिरणसक्रियता क्या है ?

अत्यधिक एवं अत्यंत अल्प न्यूट्रॉन सहित परमाणुओं के न्यूक्लाई अस्थिर हो जाते हैं तथा उपपरमाण्विक कण, सामान्यत: इलेक्ट्रॉन परंतु कभी-कभी अल्फा कण विसर्जित करते हैं। ये न्यूक्लियर पुनर्व्यवस्थाएं बारंबार विद्युतचुंबकीय विकिरण के साथ उत्पन्न होती हैं, जिसे गामा विकिरण कहा जाता है। इस क्रिया को विकिरणसक्रियता तथा इस प्रकार के अस्थिर परमाणुओं को विकिरणसक्रिय परमाणु कहा जाता है। प्रकृति में उच्च परमाणु भार सहित 42 विकिरणसक्रिय कण अथवा रेडियोन्यूक्लाइड विद्यमान हैं। परंतु कुछ हलके तत्व जैसे पोटेसियम, रुबिडियम, सेमेरियम आदि भी हैं जो लघु विकिरणसक्रिय कण विसर्जित करते हैं।

The atom has an internal structure consisting of a nucleus surrounded by electrons. The nucleus consists of closely bound particles — protons and neutrons — which are collectively called nucleons. The nucleons are surrounded by a cloud of electrons. Protons are positively charged, while the neutrons have no charge. The electrons are negatively charged and the atom as whole is electrically neutral. It should also be noted that, for a given element, the number of electrons is always equal to the number of protons.

Protons and neutrons are particles of about the same mass (1 atomic mass unit, or 1 AMU) and form the total mass of the atom. This is because electrons, which are outside the nucleus, have little mass, and their weight is considered to be negligible for all practical purposes. It should also be noted that AMUs are rounded off to the nearest integers, for the purpose of calculating the 'mass number' of an element. As stated earlier in this paragraph, the weight of electrons being negligible, it is omitted while calculating the mass number. Details of these subatomic particles are in the following table:

A GLANCE AT THE SUBATOMIC PARTICLES

PARTICLE	CHARGE	MASS GM	ATOMIC WEIGHT (A.M.U.)+
Proton (P)	Positive	$1.672 \times 10^{-24*}$ (+e)	1.00732
Neutron (N)	Neutral	$1.675 \times 10^{-24*}$ (o)	1.00871
Electron (E)	Negative (-e)	$9.108 \times 10^{-28*}$	5.486×10^{-4}

* e.g. 1 in 1 million is written as 1/1.000.000 or 10^{-6}
\+ 1 atomic mass unit (A.M.U.) 1.66×10^{-24}g

Atomic weight of any element can be obtained by adding the number of protons and neutrons present in the nucleus. The accepted way of representing a radionuclide X is ${}^{A}X_{Z}$, where A is the atomic weight (or mass number) and Z the atomic number. Thus, A=N+P, and P=Z. For a given element, the atomic number is always a fixed number, denoting the number of protons in the nucleus of any of its atoms. However, in nature, often a same given element can exist in lighter or heavier types, giving rise to the phenomenon of 'isotopes'. Isotopes of an atom have the same number of protons but different number of neutrons in their nuclei, thus making an isotope either lighter or heavier than another isotope of that same element.

As given earlier, atomic number is the number of protons in the nucleus in a given atom. Now, let us represent an atom of gold (chemical symbol Au), which will be as ${}^{197}Au_{79}$. This means the gold atom contains 79 protons and 118 neutrons in its nucleus. The mass number (N+P) is always given as a left-hand superscript to the element symbol, while the right-hand subscript denotes the atomic number. The isotopes can often be represented in abbreviated form ${}^{234}U_{92}$, or uranium-234. Atoms having different mass numbers but belonging to the same chemical element are called isotopes. Thus, there are three different isotopes of hydrogen: ${}^{1}H_{1}$, ${}^{2}H_{1}$ and ${}^{3}H_{1}$ (hydrogen, deuterium and tritium). All uranium isotopes contain 92 protons in the nuclei, and the isotopes of uranium contain 142 neutrons (${}^{234}U_{92}$), 143 neutrons (${}^{235}U_{92}$) and 146 neutrons (${}^{238}U_{92}$) respectively.

What is radiation and radioactivity?

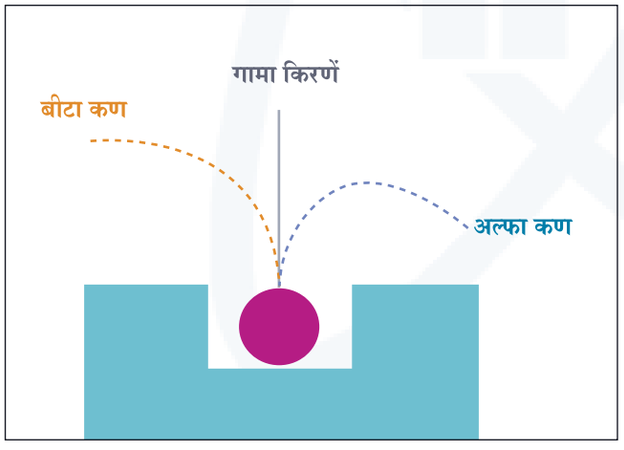
The nuclei of atoms with too many or too few neutrons, become unstable and eject sub-atomic particles, generally electrons but occasionally alpha particles. These nuclear rearrangements are frequently accompanied by electromagnetic radiation, called gamma radiation. This phenomenon is called radioactivity and such unstable atoms radioactive atoms. As many as 42 radioactive species or radionuclides with high atomic weight exists in nature. But there are a few lighter elements like potassium, rubidium, samarium, etc., which also exhibits feeble radioactive properties.

जैसे-जैसे वेवलेन्थ कम होती है, विकिरण की ऊर्जा में वृद्धि होती है। रेडियो-टेलीविज़न की तरंगे अति निम्न ऊर्जा की होती है तथा मानव शरीर उनके प्रति असंवेदनशील होता है। शरीर में इन्फ्रारेड किरणों को विकिरणीक ताप के रूप में महसूस किया जा सकता है। जैसे-जैसे विकिरण की ऊर्जा में और बढ़ोत्तरी होती है, यह त्वचा, रेटिना एवं आँखों के लेन्स पर अपने प्रभाव के कारण जैविक क्षति उत्पन्न कर सकती है। विकिरण सक्रिय परमाणु भी किरणें उत्सर्जित करते हैं, जो कि नाभिकीय विकिरण के रूप में गठित होते हैं। विकिरण सक्रिय परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित विकिरण के तीन मुख्य प्रकार हैं: अल्फा किरणें, बीटा किरणें तथा गामा किरणें। कुछ भारी परमाणु **उदासीन** कण न्यूट्रॉन उत्सर्जित करते हैं। उच्च ऊर्जा विद्युत-चुंबकीय विकिरण (> 10 किलो इलेक्ट्रॉन वॉल्ट, केईवी) जैसे एक्स-रेज़ एवं गामा रेज़ तथा विकिरण-सक्रिय परमाणु के न्यूक्लियस द्वारा उत्सर्जित विकिरण उस पदार्थ में आयन उत्पन्न करते हैं जिसमें से वे गुजरते हैं। इस प्रक्रिया को आयनीकरण कहते हैं तथा यह प्रभाव उत्पन्न करने वाले विकिरण को आयनीकारी विकिरण कहते हैं।

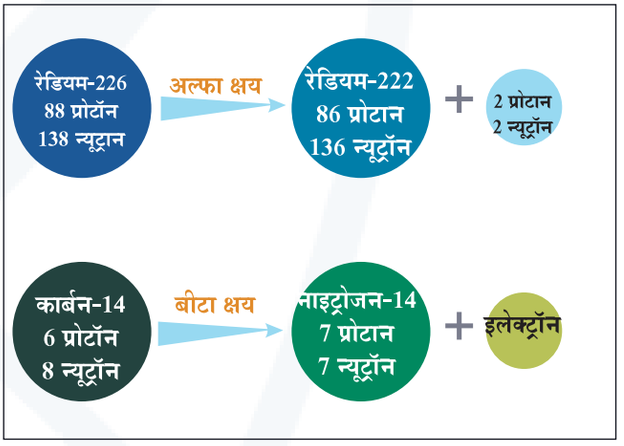
रेडियो व टेलीविज़न संकेत, दृश्य प्रकाश, सूर्य से इन्फ्रारेड एवं अल्ट्रावायलेट किरणें, ये सब विभिन्न वेवलेंथ एवं ऊर्जा वाले विकिरण हैं। विकिरण की ऊर्जा को इलेक्ट्रॉन वॉल्ट (ईवी) में अभिव्यक्त किया जाता है।

अल्फा किरणें:

इनमें ऐसे कण शामिल होते हैं जिनमें दो इकाइयाँ **धनात्मक आवेशित** होती हैं तथा चार इकाइयों का द्रव्यमान होता है जो कि अनिवार्यत:



विकिरण सक्रिय क्षय का उदाहरण



हीलियम परमाणु है। अल्फा कणों की प्रारंभिक गतिक ऊर्जा 4 से 10 MeV (मिलियन इलेक्ट्रॉन-वॉल्ट) की श्रेणी में होती है। तथापि, वे पदार्थ में से गुजरते वक्त अपनी ऊर्जा खो देते हैं। रेडियम 226 परमाणु के विकिरण सक्रिय क्षय का उत्पाद रेडॉन-222 परमाणु है, क्योंकि रेडियम-226 न्यूक्लियस ने अल्फा कण (हीलियम परमाणु) उत्सर्जित कर 2 प्रोटॉन खो दिए हैं।

$$^{226}Ra_{88} \xrightarrow{\alpha \text{ क्षय}} {}^{222}Rn_{86} + {}^{4}He_{2}$$

बीटा किरणें:

बीटा किरणें अल्प द्रव्यमान सहित **ऋणात्मक आवेश** वाले कण होते हैं। बीटा क्षय प्रक्रिया में, ऐसे चार्ज कण, जो इलेक्ट्रॉन के समान होते हैं, न्यूक्लियस से उत्सर्जित होते हैं। **ऋणात्मक आवेश** का निष्कासन, प्रभाव की दृष्टि से, मूल परमाणु की परमाणु संख्या को एक इकाई से बढ़ा देता है)

इन बीटा कणों में (अल्फा कणों की तरह नहीं) सुपरिभाषित ऊर्जाएं एवं उनका ऊर्जा स्तर अति अल्प मात्रा से अधिकतम मात्रा (E_{max}) तक बदलता रहता है, जो कि उत्सर्जक पदार्थ की विशेषता है। बीटा कण भी वायु या अन्य पदार्थों से गुजरते वक्त ऊर्जा खोते हैं (हालाँकि अल्फा कणों की अपेक्षा धीमी गति से)

$$^{14}C_{6} \xrightarrow{\beta \text{ क्षय}} {}^{14}N_{7} + \beta\,(1e)$$

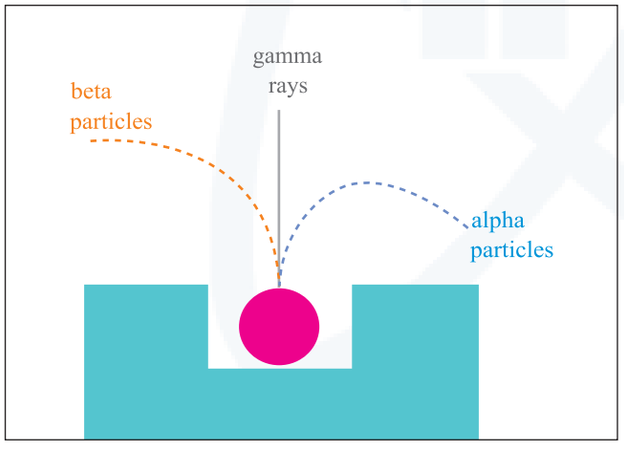
As the wavelength decreases, energy of the radiation increases. Radio-television waves are of very low energy and human body is insensitive to them. The body can sense infrared rays as radiant heat. As the energy of the radiation increases further, it can produce biological damage due to its effect on skin, retina and lens of eye. Radioactive atoms also emanate rays, which are formed as nuclear radiations. The main three types of radiations emitted by radioactive atoms are: alpha rays, beta rays and gamma rays. Some heavy atoms emit neutral particle neutrons. The high-energy electro-magnetic radiation (>10 kilo-electron Volts, keV), such as X-rays and gamma rays and the radiations emitted by the nucleus of a radioactive atom generate ions (charged particles) in the matter through which they travel. This process is called ionisation and the radiations producing this effect are termed ionising radiations.

Radio and television signals, visible light, infrared and ultraviolet rays from the sun are all radiations differing in wavelength and energy. The energy of radiation is expressed in terms of electron-Volts (eV).

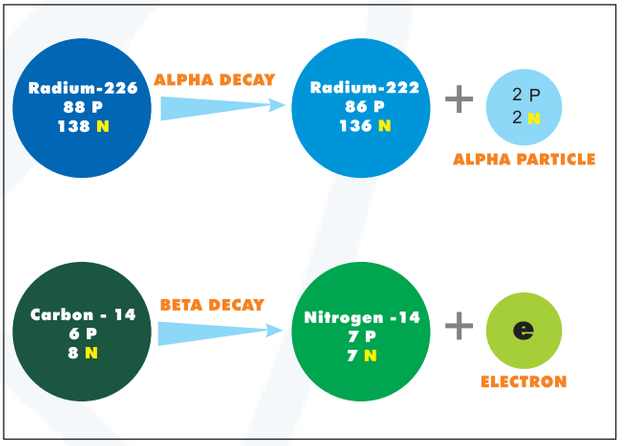
Alpha rays:

They consist of particles carrying two unit positive charges and having a mass of four units, which is essentially a helium atom. The initial kinetic energies of alpha particles are in the range of 4 to 10 MeV (million electron-Volts). However, they quickly lose their energies while passing through matter. The product of radioactive decay of radium-226 atom is radon-222 atom, because the radium-226 nucleus has lost 2 protons by emitting an alpha particle (helium atom).

NUCLEAR RADIATION



AN EXAMPLE OF RADIOACTIVE DECAY



$$^{226}Ra_{88} \xrightarrow{\alpha\text{-decay}} {}^{222}Rn_{86} + {}^{4}He_{2}$$

Beta rays:

Beta rays are negatively charged particles with little mass. In the beta-decay process, charged particles that are identical with electrons are emitted from the nucleus. The removal of a negative charge, in effect, increases the atomic number of the parent atom by one unit. These beta particles (unlike alpha particles) do not have well-defined energies and their energy levels vary from quite a small value to a maximum value (E_{max}), which is characteristic of the emitting substance. Beta particles also lose energy (although less slowly than alpha particles) while passing through air or other substances.

$$^{14}C_{6} \xrightarrow{\beta\text{-decay}} {}^{14}N_{7} + \beta\,(1e^{-})$$

गामा किरणें

ये विद्युत चुंबकीय किरणें अप्राप्य द्रव्यमान वाली उदासीन किरणें हैं। अत: ये विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्रों में विक्षेपित नहीं होती। इनकी वेवलेंथ 10^{-8} 10^{-11} सें.मी. अथवा 0.01 to 10 MeV के क्रम में काफी छोटी होती हैं। गामा किरणों एवं एक्स-किरणों में सिवाय संभवत: उनकी ऊर्जाओं एवं उत्पत्ति के कोई अंतर नहीं है । एक्स-किरणें इलेक्ट्रॉन की समाविष्टि वाली ऊर्जा के परिवर्तन से उत्पन्न होती है जबकि गामा किरणें न्यूक्लियस से उत्सर्जित होती हैं। गामा किरणें बारंबार विकिरण सक्रिय परमाणुओं के अल्फा-अथवा बीटा क्षय के साथ उत्पन्न होती रहती हैं।

आयनीकारी विकिरण का भेदक गुण क्या है?

विकिरण जो उस पदार्थ में आयनीकरण उत्पन्न करता है जिसमें से वह गुजरता है, उसे आयनीकारी विकिरण कहते हैं। उदाहरण है: अल्फा, बीटा, गामा एवं एक्स-किरण

(अल्फा) α कण:

अपनी उच्च ऊर्जा एवं द्रव्यमान के कारण α-कण बीटा कणों की तुलना में एक माध्यम में अपनी तय की जाने वाली दूरी के प्रति सेंटीमीटर में आयन-जोड़ों (विशिष्ट आयनीकरण) की अधिक संख्या उत्पन्न करते हैं। जब कण की ऊर्जा लघु मात्रा में पड़ती है तो वह दो इलेक्ट्रॉन लेता है तथा उदासीन हीलियम परमाणु बन जाता है। अपने स्रोत से उस बिंदु तक की दूरी जहाँ यह आयनीकरण में असमर्थ हो जाता है उसे α-कण की श्रेणी कहते हैं। वायु में यह श्रेणी 2.8 सें.मी (4 Mev ऊर्जा हेतु) से 10 सें.मी. (10 Mev ऊर्जा हेतु) तक बदलती रहती है। सामान्यत: यह श्रेणी उस माध्यम जिससे यह गुजरती है, की सघनता के साथ विपरीत रूप से बदलती है। अत: α-कण कागज़ की साधारणत: मोटी शीट को भेदने में असमर्थ होते हैं।

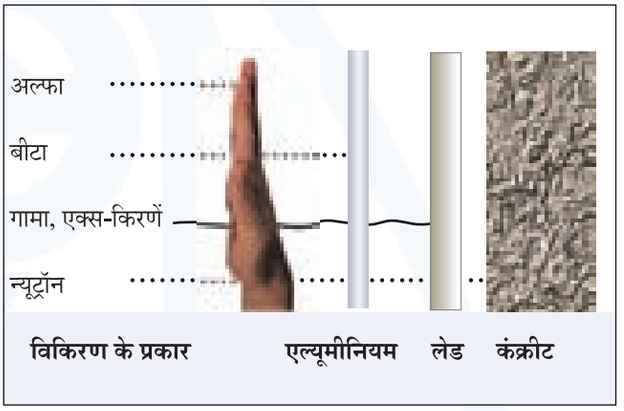
β कण:

निम्न विशिष्ट आयनीकरण के कारण बीटा कण समान ऊर्जा वाले β कणों से काफी आगे तक विचरण करते हैं। β कण वायु में कुछ मीटर तक विचरण कर सकते हैं। तथापि, इन्हें लगभग 0.2 सें.मी. की मोटाई वाली एल्यूमीनियम फॉइल से रोका जा सकता है। एक कच्चे सामान्यानुमान के रूप में यह प्रतीत होता है कि श्रेणी उस माध्यम की सघनता के विपरीत अनुपात में होती है जिसमें से बीटा कण गुजरते हैं।

(गामा) γ किरणें:

सामान्यत: γ एवं γ कणों के उत्सर्जन के पश्चात् न्यूक्लियस की अतिशय ऊर्जा गामा किरणों के रूप में विमुक्त होती है। एक्स-किरणों की तरह गामा किरणें चार्ज नहीं होती तथा इसलिए सामान्य सघन माध्यम में भी व्यापक दूरी को भेद सकती हैं। जैसे ही गामा किरणें गैस से गुजरती हैं, ये परमाणु अथवा अणु का आयनीकरण करती हैं, हालाँकि γ अथवा γ किरणों की तरह प्रत्यक्ष रूप से नहीं। गामा किरणों की कोई निश्चित सीमा नहीं होती तथा इसलिए इन्हें किसी दिए गए माध्यम में पूर्णत: नहीं रोका जा सकता। तथापि, विकिरण को उस सीमा तक क्षीण किया जा सकता है कि उसका पता न चल सके। सिद्धांत रूप से इन्हें पूर्णत: अवशोषित नहीं

विभिन्न प्रकार के विकिरण की भेदक शक्तियाँ



किया जा सकता। γ किरणों को क्षीण करने हेतु प्रयोग किए जाने वाले कुछ पदार्थ हैं स्टील, लेड अथवा यूरेनियम। γ किरणों की तरह न्यूट्रॉन में भी कोई चार्ज नहीं होता और इसलिए ये दिए गए माध्यम में गहराई तक जा सकते हैं। न्यूट्रॉन के मामले में ऊर्जा का ह्रास माध्यम के परमाणुओं अथवा अणुओं के साथ टकराव से होता है। कंक्रीट जैसे पदार्थ अथवा कम परमाणु भार वाले तत्व अथवा अवयव, जैसे पानी इन न्यूट्रॉन की ऊर्जा को काफी सीमा तक कम करते हैं और इसलिए भेद्यता भी कम होती है।

Gamma rays:

These electromagnetic rays are neutral rays with no detectable mass. Hence they are not deflected in electric or magnetic fields. The wavelength is very short, of the order of 10^{-8}-10^{-11} cm. or 0.01 to 10 MeV. There is no difference between gamma rays and X-rays except possibly in their energies and origin. X-rays arise from energy changes involving electrons while gamma rays are emitted from the nucleus. Frequently, gamma rays accompany alpha- or beta decay of radioactive atoms.

What is the penetrating ability of an ionising radiation?

Radiation which creates ionisation in the matter in which it travels is termed as ionising radiation. Examples are alpha, beta, gamma and X-rays.

α-particle:

Because of its higher energy and mass, α-particles produce greater number of ion-pairs per centimeter of the distance they travels (i.e. specific ionisation), in a medium as compared to beta particles. When the energy of the particle falls to a low value, it takes up two electrons and becomes a neutral helium atom. The distance from its source to the point where it fails to cause ionisation, is called the range of the α-particle. In air, the range varies from 2.8 cm (for 4 MeV energy) to 10 cm (for 10 MeV energy). In general, the range varies inversely with the density of the medium through which it passes. Thus, α-particles are unable to penetrate a moderately thick sheet of paper.

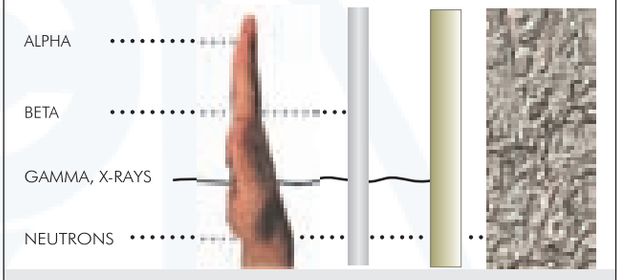
β-particles:

Because of the lower specific ionisation, a β-particle will travel much farther than an α-particle of the same energy. β-particles can travel a few meters in air. However, they can be stopped in a thickness of about 0.2 cm of aluminum foil. As a rough generalisation, it appears that the range is inversely proportional to the density of the medium in which the β-particle is traveling.

γ-rays:

Generally, the excess energy of the nucleus after an emission of an α or a β particle gets released as gamma rays. Like X-rays, gamma rays are not charged and hence can penetrate considerable distance even in fairly dense medium. As they pass through a gas, gamma rays produce ionisation of the atoms or molecules, though not directly, like α- or β-rays. Gamma rays do not have a definite range and hence they cannot be stopped completely in a given medium. However, the radiation can be attenuated to such an extent that it cannot be detected. In principle, they cannot be absorbed

PENETRATING POWERS OF THE VARIOUS TYPES OF RADIATION



completely. Some of the materials used to attenuate γ-rays are steel, lead or uranium. Like γ-rays, neutrons also do not have any charge and hence can penetrate deeper into the given medium. In case of neutrons, the loss of energy is by collision with atoms or molecules of the medium. Materials such as concrete or low atomic weight elements or compounds, such as water, reduce energy of these neutrons to a great extent, and hence the

अर्ध-आयु क्या है?

विकिरण के उत्सर्जन के पश्चात् परमाणु समान नहीं रहता। यह भिन्न प्रकार के परमाणु के रूप में परिवर्तित हो जाता है। इस विकिरण सक्रिय परिवर्तन के कारण समय के साथ पदार्थ में विकिरण सक्रिय परमाणु की मूल संख्या कम होती जाती है। इस संख्या के प्रारंभिक संख्या के आधे होने तक लिए गए समय को अर्ध-आयु कहा जाता है। दस अर्ध आयुओं का समय हो जाने के पश्चात् विकिरण सक्रियता का स्तर 1000 का गुणांक हो जाता है। यह ज्ञात हुआ है कि विकिरण सक्रिय न्यूक्लाई क्षय की दर बचे हुए अक्षय न्यूक्लाई की संख्या के अनुपात में होती है। गणित में इसे इस प्रकार अभिव्यक्त किया जा सकता है:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda n$$

जिसमें dN/dt इकाई समय में क्षय होने वाले परमाणुओं की संख्या है तथा λ एक स्थिर क्षय है। इस समीकरण को अन्य प्रकार से भी लिखा जा सकता है:

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

जिसमें,

N_0 = समय, t=0 में अस्थिर परमाणुओं की संख्या है।

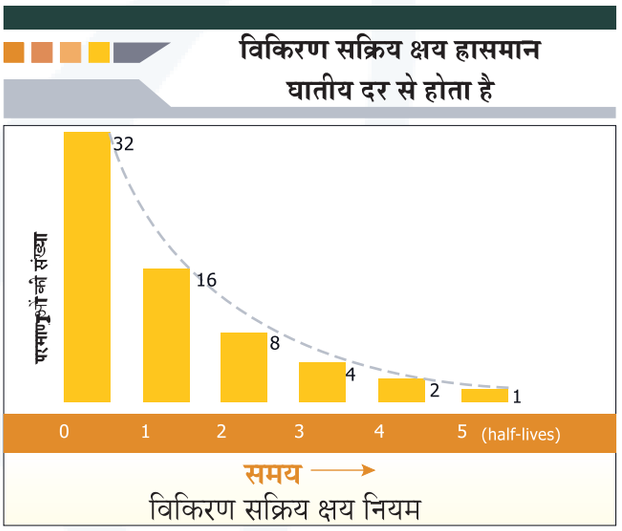
N = समय t में अस्थिर परमाणुओं की संख्या है।

e= 2.718 (प्राकृतिक लघुगणक का आधार है) तथा

λ= एक स्थिर क्षय

उपर्युक्त समीकरण से यह देखा जा सकता है कि अस्थिर परमाणुओं की संख्या को उनकी प्रारंभिक मात्रा से आधा करने के लिए आवश्यक समय (अर्ध-आयु) को 0.693 को λ से भाग करके प्राप्त किया जा सकता है।

आइसोटोप की अर्ध-आयु कुछ माइक्रो सेकेण्ड से लेकर वर्षों तक बदल सकती है। रेडियम 226 को उदाहरण के रूप में ले सकते हैं जिसकी अर्ध-आयु 1600 वर्ष है। मान लिया जाए कि यदि किसी को रेडियम-226 के 100 परमाणु खरीदने हैं तो 1600 वर्षों के पश्चात् केवल 50 परमाणु रह जाएंगे (बाकी सब इसके उप तत्वों में परिवर्तित होने की वजह से अर्थात् विकिरण सक्रिय क्षय के परिणाम स्वरूप विखंडित उत्पाद हो जाएंगे), 3200 वर्ष पश्चात् केवल 25



विकिरण सक्रिय क्षय नियम

रेडियम परमाणु रह जाएंगे और इसी प्रकार आगे भी। इस विकिरण सक्रियता की गणना क्यूरी (सी i) में की जाती है। क्यूरी वह इकाई है जो कि कि.ग्रा. अथवा लीटर की बजाय विकिरण सक्रिय द्रव्य की मात्रा गणना अथवा खरीद के काम में लाई जाती है। क्यूरी रेडियो एक्टिव आइसोटोप की वह मात्रा है जिसमें 3.7×10^{10} परमाणु प्रति सेकेन्ड क्षय होते हैं। इस क्षय अथवा विखंडता दर को दर्शाने वाली नई इकाई है बेक्वेरल (Bq)। एक बेक्वेरल एक विखंडन प्रति सेकंड के बराबर होता है। अन्य शब्दों में $1Ci = 3.7 \times 10^{10}$ Bq

परमाणु से ऊर्जा कैसे विसर्जित होती है:

यूरेनियम के परमाणु पृथ्वी पर मौजूद सभी परमाणुओं में से **बृहत** एवं भारी माने जाते हैं। भारी होने के कारण ये अस्थिर भी हैं। यूरेनियम परमाणु का न्यूक्लियस दो से तीन न्यूट्रॉन के टकराव के साथ आसानी से दो छोटे टुकड़ों में विखंडित हो सकता है। इस प्रक्रिया को विखण्डन कहते हैं। इस तरह से उत्पन्न दो खंड बहुत तीव्र गति से एक-दूसरे के विपरीत उड़ जाते हैं। जैसे ही वे यूरेनियम के पिंड में अन्य परमाणुओं से टकराते हैं तो रूक जाते हैं। इस प्रक्रिया में वे यूरेनियम पिंड में ताप उत्पन्न कर देते हैं। इस प्रकार परमाणु से ऊर्जा विमुक्त होती है तथा ताप में परिवर्तित हो जाती है। विखण्डन से उत्पन्न ऊर्जा को कुछ लोग परमाणु ऊर्जा के रूप में वर्णित करते हैं तथा अन्य न्यूक्लियर ऊर्जा के रूप में-दोनों ही अभिव्यक्तियाँ अनिवार्यत: एक एवं समान चीज दर्शाती हैं। यूरेनियम के साथ-

What is half-life?

After emission of radiation, an atom is no longer the same. It becomes transformed into a different kind of atom. Because of this radioactive transformation, the original number of radioactive atoms in a substance decreases with time. The time taken for this number to fall to half the initial value is known as half-life. After a time equal to ten half lives, the level of radioactivity falls by a factor of 1,000. It has been determined that the rate at which the radioactive nuclei decay is proportional to the number of remaining undecayed nuclei. Mathematically, this can be expressed as:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda n$$

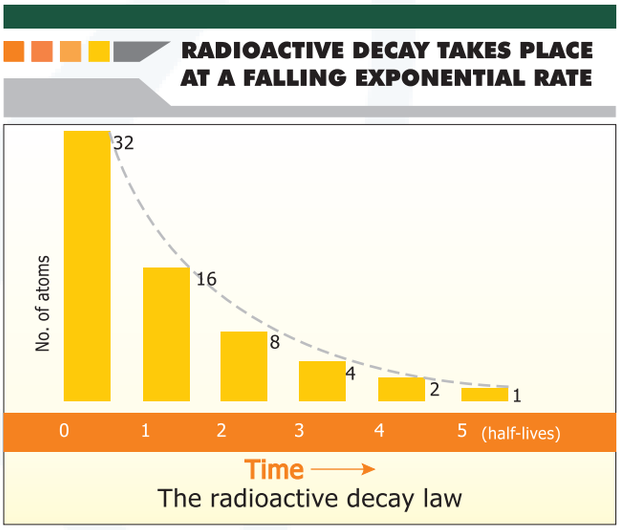
Where dN/dt is the number of atoms decaying in unit time and λ is the decay constant. This equation can also be written in another from:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Where,
N_0 = number of unstable atoms at time, t = 0
N = number of unstable atoms at time t.
e = 2.718 (is the base of natural logarithm),
and
λ = decay constant.

It can be shown by the above equation that the time required to reduce the number of unstable atoms to half of their initial value (half-life) can be obtained by dividing 0.693 by λ.

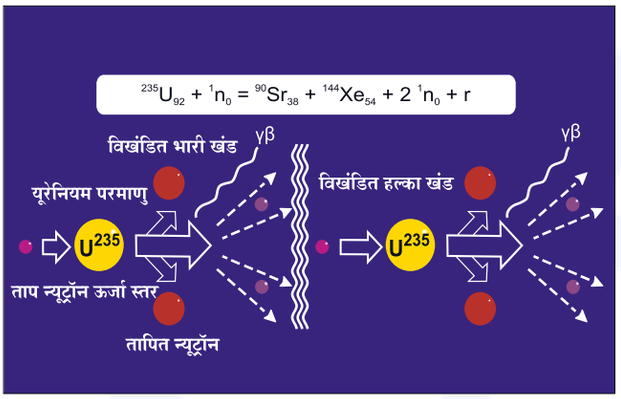
The half-life of isotopes may vary from a few microseconds to years. Take the example of radium-226, with a half-life of 1600 years. If one were to buy, say a 100 atoms of radium-226, after 1600 years, there will be only 50 atoms left (the rest having been converted into daughter elements, i.e. fission products, as a result of the radioactive decay), after 3200 years there will be only 25 of the radium atoms left and so on. This radioactivity is measured in Curies (Ci). The Curie is the unit in which radioactive materials are measured or purchased instead of kg or liter. A Curie is that quantity of radioactive isotope in which 3.7 x 10^{10} atoms are decaying per second. The new unit to denote this decay or disintegration rate is Becquerel (Bq). One Becquerel is equal to one disintegration per second. In other words, 1 Ci = 3.7 x 10^{10} Bq.



How is energy released from the atom?

Atoms of uranium are the largest and also the heaviest known to occur on earth. Being heavy, they are also unstable. The nucleus of a uranium atom can easily break up into two smaller pieces with impinging of two to three neutrons. This process is called fission. The two fragments so produced fly apart with tremendous speeds. As they collide with other atoms in a lump of uranium, they come to a stop. In the process, they heat up the uranium lump. This is how energy is released from the atom and converted to heat. The energy produced in fission is described as atomic energy by some and nuclear energy by others — both the terms essentially denoting one and the same thing. Besides uranium, the atoms of plutonium are also fissionable. But plutonium

विखंडन अभिक्रिया



साथ प्लूटोनियम के परमाणु भी विखण्डनीय हैं। परंतु प्लूटोनियम प्रकृति में उत्पन्न नहीं होता।

यह भी पाया गया है कि विखंडन के दौरान यूरेनियम परमाणु के विभाजित होने पर 2 या 3 मुक्त न्यूट्रॉन भी विमुक्त होते हैं। जब इन न्यूट्रॉनों में से कोई एक अन्य यूरेनियम न्यूक्लियस के साथ टकराता है तो वह न्यूक्लियस भी विभाजित हो जाता है। इस प्रकार से प्रत्येक एक विखंडन के एक न्यूट्रॉन से अन्य विखंडन उत्पन्न होता है तथा यह क्रम जारी रहता है। इसे श्रृंखला-अभिक्रिया (चेन-रिएक्शन) के नाम से जाना जाता है तथा यह स्थायी दर से ताप उत्पन्न करती है। विखंडन के विपरीत, जब कोयले का पिंड जलता है तो कोयले में कार्बन के परमाणु वायु में ऑक्सीजन के परमाणुओं के साथ मिश्रित होते हैं तथा कार्बनडाइऑक्साइड का निर्माण करते हैं, यह एक रासायनिक अभिक्रिया है (यह एक न्यूक्लियर अभिक्रिया नहीं है, चूंकि इसमें सम्मिलित परमाणु के केवल इलेक्ट्रॉन अभिक्रिया में सम्मिलित हैं तथा न्यूक्लाई नहीं)। इस प्रक्रिया में ताप विमुक्त होता है तथा हम इसे लपट के रूप में देखते हैं। धूम्र भी उत्पन्न होता है। जब विखंडन यूरेनियम में ताप उत्पन्न करता है, तो वहाँ कोई अग्नि या कोई धूम्र नहीं होता।

न्यूक्लियर विद्युत केंद्रों हेतु ईंधन आवश्यकताएं क्या हैं?

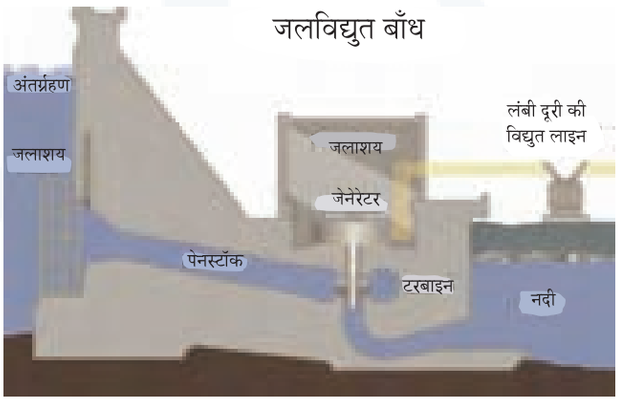
कोयले के जलने की तुलना में, विखंडन प्रक्रिया काफी अधिक सफल है। एक ग्राम विखंडनीय यूरेनियम रासायनिक रूप से जलाए गए एक ग्राम कोयले की तुलना में दस लाख गुणा अधिक ताप उत्पन्न कर सकता है। एक न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र जो 400 मेगावाट बिजली उत्पन्न करता है उसे प्रतिदिन 200 कि.ग्रा. यूरेनियम ईंधन की आवश्यकता होती है अर्थात् हैदराबाद, जहाँ ईंधन उत्पन्न होता है, से लगभग एक ट्रक ईंधन प्रति माह। इसकी तुलना में समान क्षमता के एक कोयला जलाने वाले ताप विद्युत केंद्र को प्रतिदिन 6000 टन कोयले की आवश्यकता होगी, अर्थात् कोयले की खानों से कोयले की भरी हुई 2 या 3 ट्रेनें प्रतिदिन। साथ ही 4 टन प्रति मिनट की दर से लगातार कोयले को भट्टी में डालना पड़ता है। न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र (एनपीपी) में प्रतिदिन लगभग एक बार ताजा ईंधन रिएक्टर में भरा जाता है।

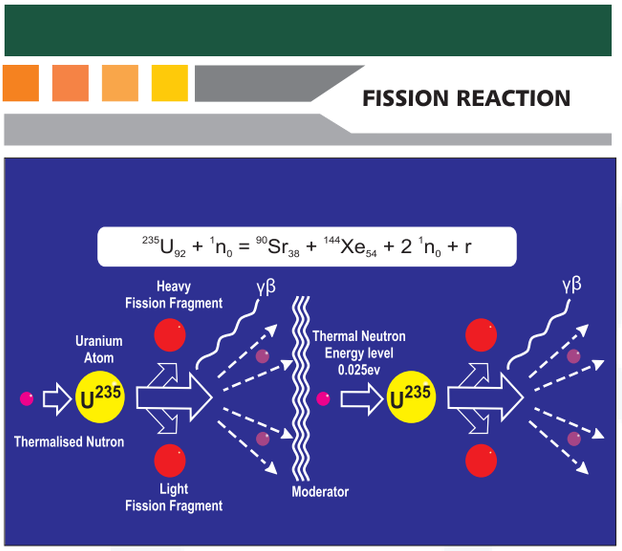
न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र कैसे विद्युत उत्पन्न करता है?

मूल रूप से सभी विद्युत केंद्र विद्युत उत्पन्न करने के लिए समान पद्धति का अनुसरण करते हैं। एक टरबाइन को घुमाया जाता है। एक जेनरेटर को टरबाइन के शाफ्ट से जोड़ा जाता है। जैसे-जैसे टरबाइन घूमता है, जेनरेटर में विद्युत उत्पन्न होती है। यह विद्युत, वितरण केंद्रों पर प्रसारण लाइनों के माध्यम से भेजी जाती है।

जल विद्युत केंद्रों में जल के प्रवाह से टरबाइन को घुमाया जाता है। ताप विद्युत केंद्रों में कोयला, गैस और तेल को जलाने वाली भट्टी में जल को तापित कर वाष्प उत्पन्न की जाती है। न्यूक्लियर विद्युत केंद्रों में विखंडन प्रक्रिया में उत्पन्न ताप से वाष्प उत्पन्न की जाती है।

जल विद्युत संयंत्र का आरेखीय चित्र





does not occur in nature.

It has been found that 2 or 3 free neutrons are also released as a uranium atom breaks up during fission. When one of these neutrons collides with another uranium nucleus, that nucleus also breaks up. In this manner, from one neutron of every individual fission, another fission is caused, and so on. This is known as chain reaction, and it produces heat at a steady rate. In contrast to fission, when a lump of coal burns, the atoms of carbon in coal combine with atoms of oxygen in the air and form carbon dioxide, it is a chemical reaction (it is not a nuclear reaction, since only the electrons of the participating atoms are involved in the reaction and not the nuclei). Heat is released in the process and we see it as flame. Smoke is also generated. When fission generates heat in uranium, there is no flame and no smoke.

What are the fuel requirements for a nuclear power station?

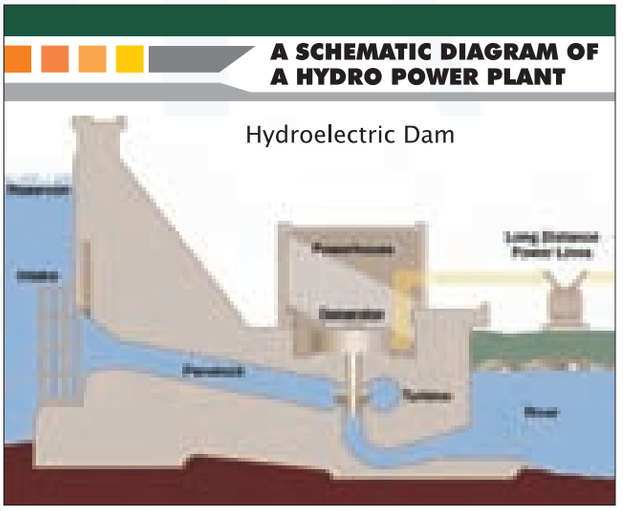
Compared to the burning of coal, the fission process is far more efficient. One gram of fissionable uranium can produce a million times more heat than one gram of coal burnt 'chemically'. A nuclear power plant which produces 400 MW of electricity, only 200 kg of uranium fuel is required per day, i.e. about one truckload of fuel per month from Hyderabad, where the fuel is produced. In comparison, a coal burning thermal power station of the same capacity would require 6000 tonnes of coal daily, i.e. 2 or 3 trainloads of coal to be transported everyday from the coal mines. Also, the coal has to be continuously fed to the furnace at the rate of 4 tonnes each minute. At a nuclear power plant (NPP), fresh fuel is charged into the reactor about once daily.

How does a nuclear power station produce electricity?

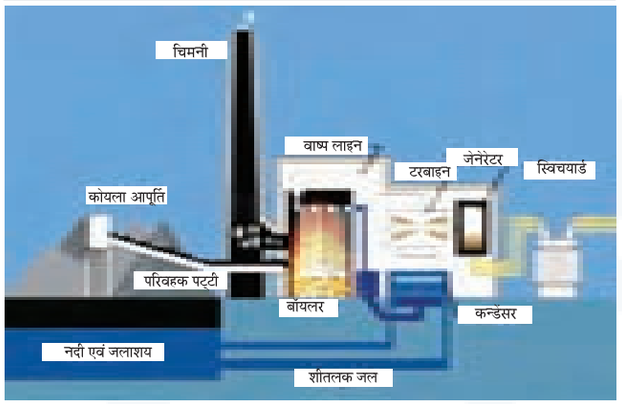
Basically, all power stations adopt the same method to produce electricity. A turbine is rotated. A generator is attached to the shaft of the turbine. As the turbine turns, electricity is produced in the generator. This electricity is sent out through transmission lines to a distribution station.

In hydroelectric power stations, the turbine is turned by flowing water. In thermal power stations, steam is produced by heating water in a furnace, which burns coal, gas or oil. In nuclear power stations, the steam is produced by the heat generated in the fission process.

The reactor is the heart of the nuclear power station. The



ताप विद्युत संयंत्र का आरेखीय चित्र



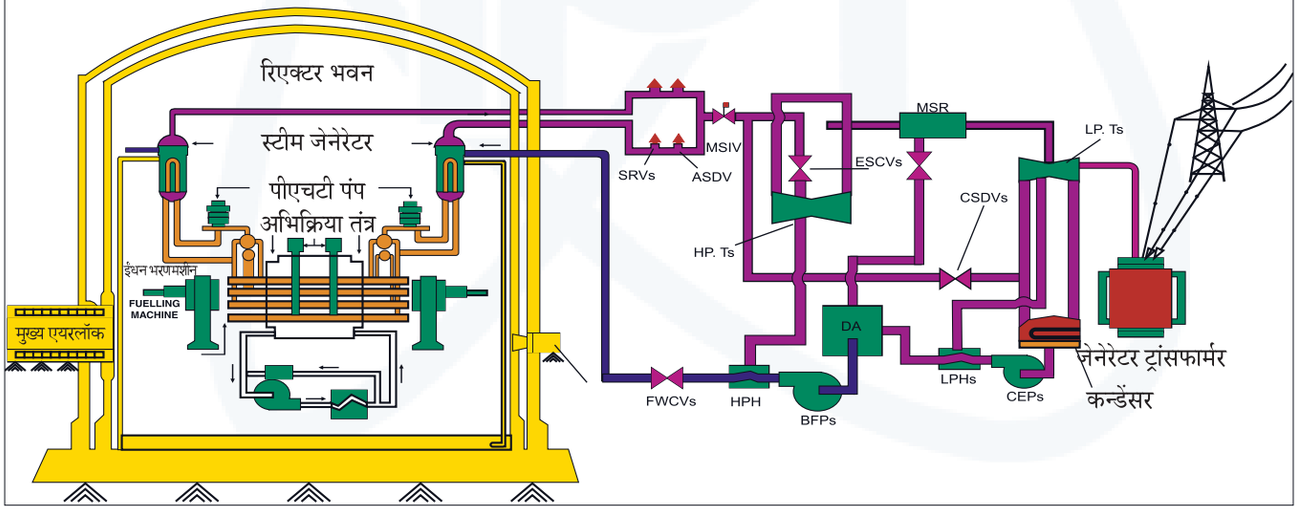
रिएक्टर, न्यूक्लियर विद्युत केंद्रों का हृदय (सारगर्भ) होता है। भारतीय दाबित भारी पानी रिएक्टर (दाभापारि) में क्षैतिज रूप से स्थापित एक दीर्घ सिलेंडराकार वेसल शामिल होता है। यह वेसल दोनों छोर से बंद होता है। वेसल के दोनों छोरों पर ढक्कन में लगभग 300 ट्यूब घुसी होती हैं। इन ट्यूबों को ईंधन चैनल के रूप में जाना जाता है। इस रिएक्टर में प्रयोग होने वाला यूरेनियम ईंधन लघु छड़ों के रूप में होता है। इनमें से 19 को एक साथ बांध कर एक बंडल बनाया जाता है। इन बंडलों को ईंधन चैनलों में रखा जाता है। जब रिएक्टर में ईंधन चैनलों के बीच का स्थान भारी पानी से भर जाता है तो विखंडन चेन रिएक्शन आरंभ होता है तथा ईंधन तापित होता है। इसके बदले में यह भारी पानी, जो कि ईंधन चैनलों में ईंधन बंडलों के आस-पास प्रवाहित भी हो रहा है, को तापित करता है। इस गर्म भारी पानी को बॉयलर में ले जाया जाता है, जहाँ यह साधारण जल को वाष्प में परिवर्तित करता है। यह वाष्प विद्युत उत्पन्न करने के लिए टरबाइन को चलाती है।

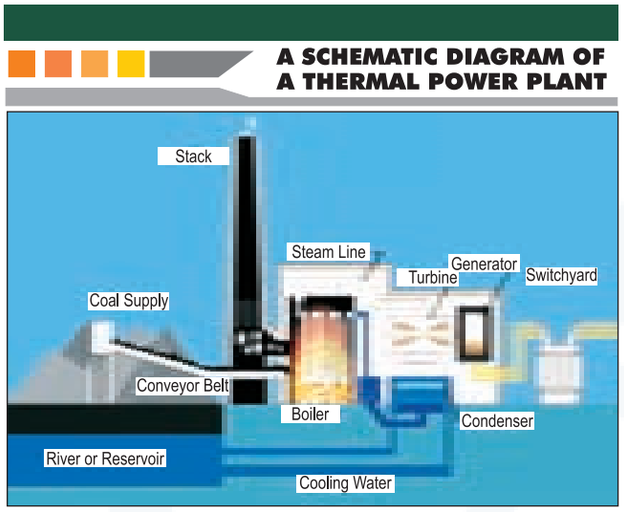
न्यूक्लियर विद्युत केंद्रों में विद्युत उत्पादन को कैसे नियंत्रित किया जाता है?

न्यूक्लियर विद्युत केंद्र के प्रचालन के नियंत्रण में दो चीजें शामिल हैं अर्थात् विद्युत को संरक्षित एवं स्थिर स्तर पर बनाए रखने के लिए विद्युत उत्पादन का नियमन तथा दूसरा, यदि आवश्यक हो तो रिएक्टर को तुरंत पूर्णत: शटडाउन करना। प्राकृतिक यूरेनियम ईंधन के प्रयोग एवं ऑनलाइन पुन: ईंधनीकरण के कारण दाभापारि को अत्यधिक अभिक्रिया की आवश्यकता नहीं होती। कोर (सारभाग) में अभिक्रियता के नियंत्रण हेतु रिएक्टर डिजाइनों में अभिक्रियता नियंत्रण की निम्नलिखित प्रणालियाँ उपलब्ध कराई जाती हैं।

नियामक छड़: रिएक्टर विद्युत नियमन, प्रवाह रूख नियंत्रण एवं रिएक्टर पुन: स्थितिकरण हेतु स्टेनलेस स्टील की चार रिएक्टर

न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र (एनपीपी) का आरेखीय चित्र



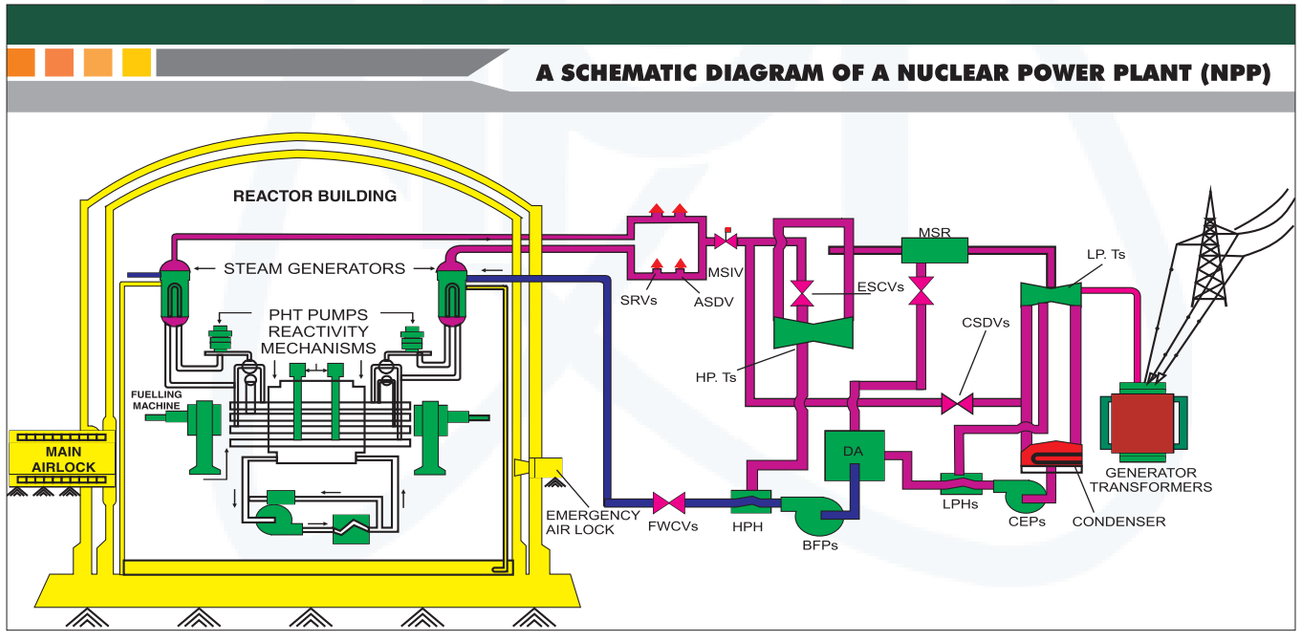


Indian pressurised heavy water reactor (PHWR) consists of a large cylindrical vessel placed horizontally. The vessel is closed at both ends. About 300 tubes penetrate the lid of the vessel at either end. These tubes are known as fuel channels. Uranium fuel, as used in this reactor, is in the form of short rods. 19 of these are tied together into a bundle. The bundles are placed in the fuel channels. When the space between the fuel channels in the reactor is filled with heavy water (D_2O - D denotes deuterium — ($^2H_1$)a heavier isotope of hydrogen), the fission chain reaction begins and the fuel heats up. In turn, this heats up the heavy water, which is also flowing around the fuel bundles in the fuel channels. The hot heavy water is taken to the boiler, where it turns ordinary water into steam. The steam drives the turbine to produce electricity.

How is power generation controlled in a nuclear power station?

The control of the operation of a nuclear power station involves two things, i.e. regulation of power generation to maintain it at a safe and steady level and secondly, total shutdown of the reactor very quickly if needed. Due to the use of natural uranium fuel and online refueling, PHWRs do not need a large excess reactivity. For control of reactivity in core, reactor designs are provided with the following systems of reactivity control.

Regulating rods: Four stainless steel reactor regulating rods are provided for reactor power regulation, flux tilt control and reactor setback. The



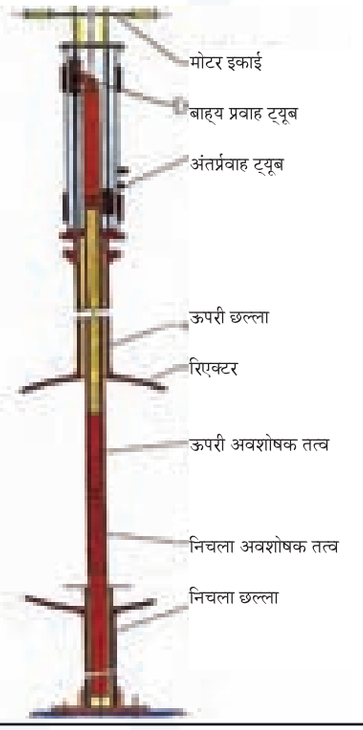
नियामक छड़ें उपलब्ध कराई जाती हैं। रिएक्टर में दो भिन्नताएं उपलब्ध कराई जाती हैं, तीव्र क्रियाशील एवं स्वतंत्र शटडाउन प्रणालियाँ। यह विशेषता अत्यंत पुख्ता आश्वासन प्रदान करती है कि रिएक्टर के तुरंत शटडाउन की आवश्यकता की स्थिति में संयंत्र की अस्थिरता को संरक्षापूर्वक समाप्त कर दिया जाएगा।

प्राथमिक शटडाउन प्रणाली: इसमें स्टेनलेस स्टील के बीच में धसी हुई कैडमियम की 14 यांत्रिक शटऑफ छड़ें सम्मिलित होती हैं, जो रिएक्टर को दो सेकंड से कम में उप-क्रांतिक बना देती हैं। विफलता संरक्षित विशेषताएं जैसे गुरुत्वाकर्षण में कमी तथा स्प्रिंग सहायता को यांत्रिक शटऑफ छड़ों के डिजाइन में डाला गया है।

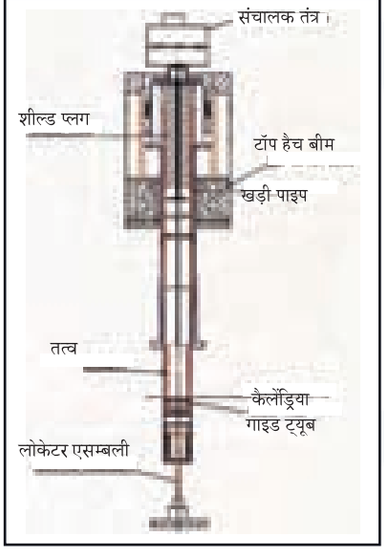
शिम छड़ें: नकारात्मक अभिक्रियता तथा रिएक्टर पुन: स्थितिकरण के संयोजन से नियंत्रित विद्युत कटौती हेतु दो शिम छड़ें उपलब्ध कराई जाती हैं।

अवशोषक छड़ें: आठ अवशोषक छड़ें सीमित जीनॉन अभिभावी क्षमता प्रदान करती हैं। अभिक्रियता नियंत्रण उपकरण निम्न-दाब विमंदक क्षेत्र में स्थापित किए जाते हैं तथा वे अपनी स्वयं की विद्युत आपूर्ति, इंस्ट्रूमेंटेशन एवं नियंत्रण चैनलों सहित पूर्णत: स्वतंत्र होते हैं। अभिक्रियता नियंत्रण तंत्र में कोबॉल्ट एवं स्टेनलेस स्टील अवशोषक तत्वों का प्रयोग किया गया है।

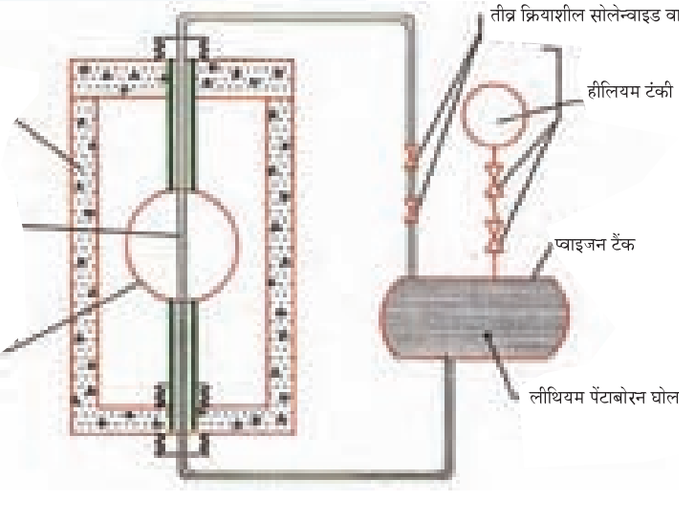
नियामक, शिम एवं अवशोषक तत्व



समायोजन छड़-सामान्य व्यवस्था (500 मेगावाट)



द्रव-शटऑफ प्रणाली (200 मेगावाट)



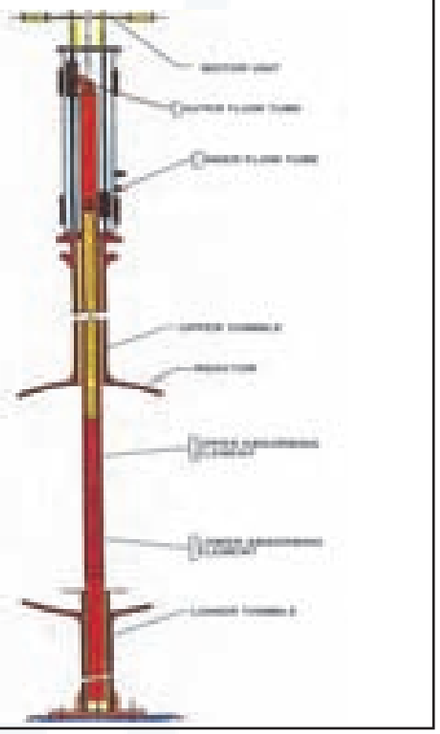
reactor has been provided with two diverse, fast-acting and independent shutdown systems. This feature provides a high degree of assurance that plant transients requiring prompt shutdown of the reactor, will be terminated safely.

Primary shutdown system: It consists of 14 mechanical shutoff rods of cadmium sandwiched in stainless steel, which make the reactor sub-critical in less than two seconds. Fail-safe features like gravity fall and spring assistance have been incorporated in the design of mechanical shutoff rods.

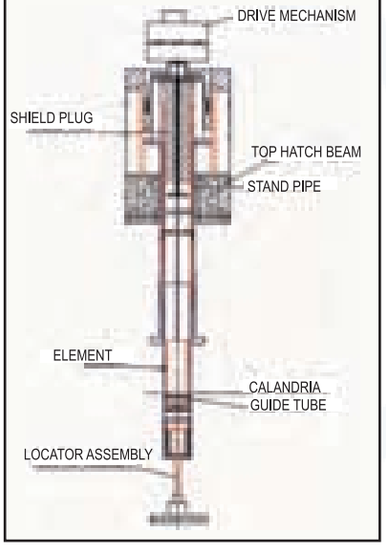
Shim rods: Two shim rods are provided for controlled power reduction by addition of negative reactivity and reactor setback.

Absorber rods: Eight absorber rods provide limited xenon over-ride capability. The reactivity control devices are installed in low-pressure moderator region and are fully independent with their own power supplies, instrumentation and control channels. Cobalt and stainless steel absorber elements have been utilised in reactivity control mechanism.

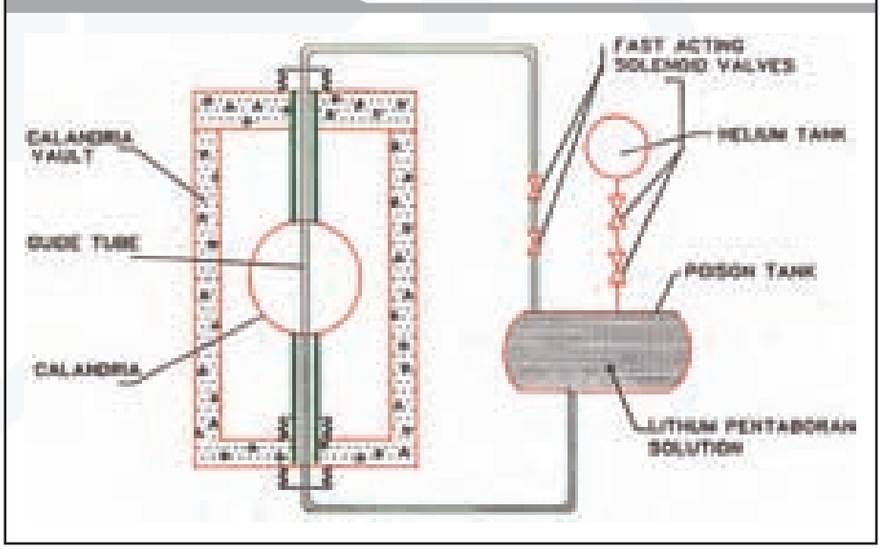
REGULATING, SHIM & ABSORBER ELEMENTS



ADJUSTER ROD-GENERAL ARRANGEMENT (500 MWe)



LIQUID SHUT - OFF SYSTEM (200 MWe)



द्वितीय शटडाउन प्रणाली: यह हाइड्रोडाइनामिक सिद्धांत पर आधारित है। यह प्रणाली कैलेंड्रिया में क्षैतिज्य रूप से अवस्थित बारह अंतर्वेशन ट्यूबों के माध्यम से प्रकाय विमंदक में सांद्रित गैडोलीनियम नाइट्रेट घोल अंतर्वेशित करके तीव्रता से चेन-रिएक्शन को समाप्त कर सकता है। यह द्रव विष अंतर्वेशन प्रणाली प्राथमिक शटडाउन प्रणाली की तीव्र क्रियाशील स्टैंडबाई है। दोनों तीव्र-क्रियाशील शटडाउन प्रणालियों का आधार विमंदक में बोरोन घोल के प्रकाय-रूप के संकलन हेतु द्रव विष अंतर्वेशन प्रणाली (एलपीआईएस) तथा लंबी अवधियों हेतु रिएक्टर की निश्चयी उप-क्रांतिकता सुनिश्चित करने के लिए उचित संकेत प्राप्त करने के पश्चात् विमंदक में बोरोन की नियंत्रित मात्राओं के संकलन हेतु स्वचालित द्रव विष संकलन प्रणाली (एएलपीएएस) होती है।

न्यूक्लियर विद्युत रिएक्टरों के प्रकार क्या हैं?

न्यूक्लियर विद्युत रिएक्टर एक ऐसी नाभिकीय युक्ति है जो नियंत्रित तरीके से नाभिकीय विखंडन चेन रिएक्शन को कायम रखने के लिए निर्मित की गई है। वैसे तो कई प्रकार के न्यूक्लियर विद्युत रिएक्टर हैं परंतु सभी में यह समानता है कि वे ताप ऊर्जा उत्पन्न करते हैं जिसे यांत्रिक ऊर्जा में और तत्पश्चात् विद्युतीय ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है।

1. दाबित पानी रिएक्टर (पीडब्ल्यूआर)

दा.पा.रि. साधारण जल रिएक्टर समूह से संबंध रखते हैं। पीडब्ल्यूआर में विमंदक एवं शीतलक दोनों ही साधारण जल (H_2O) होते हैं। विखंडन ताप को निष्कासित करने वाला प्राथमिक सर्किट उच्च दाब में रखा जाता है और इसलिए इसका नाम "दाबित पानी रिएक्टर" है। प्राथमिक सर्किट में उच्च दाब साधारण जल को उबलने से रोकता है। प्राथमिक सर्किट में दाब बरकरार रखने के लिए एक दाबानुकूलित का प्रयोग किया जाता है। प्राथमिक सर्किट अथवा शीतलक का जल स्टीम जेनेरेटर (ताप विनियामक) के माध्यम से अपना ताप द्वितीय सर्किट साधारण जल में अंतरित करता है, जहाँ टर्बोजनरेटर को घुमाने के लिए वाष्प उत्पन्न की जाती है।

दा.पा.रि. में कभी-कभार अल्प परिष्कृत यूरेनियम (3-4%) प्रयोग होता है, तथापि, यूरेनियम एवं प्लूटोनियम ऑक्साइड (MOX) के मिश्र का प्रयोग भी किया जाता है। विश्व के 442 प्रचालनरत रिएक्टरों में से 265 (लगभग 60%) दा.पा.रि. होने के कारण (31 मार्च, 2011 की स्थिति) दा.पा.रि. प्रमुख प्रकार का रिएक्टर है।

2. क्वथन जल रिएक्टर (बीडब्ल्यूआर)

क्व.ज.रि. भी साधारण जल रिएक्टर समूह से संबंध रखते हैं, जिसमें साधारण जल (H_2O) विमंदक एवं शीतलक दोनों के रूप में कार्य करता है। रिएक्टर दाब वेसल में जल के कुछ भाग को उबलने दिया जाता है। रिएक्टर वेसल के ऊपरी हिस्से में वाष्प एवं आर्द्रता को पृथक किया जाता है, तथा तत्पश्चात् सीधे टरबाइन में प्रवाहित कर दिया जाता है। टरबाइन से निकलने वाली वाष्प को सघन कर पुन: रिएक्टर में डाला जाता है।

क्व.ज.रि. में जल का दाब पीडब्ल्यूआर से कम होता है क्योंकि जल को रिएक्टर में उबलने दिया जाता है। इसमें सामान्यत: अल्प परिष्कृत यूरेनियम ऑक्साइड (LEV) को ईंधन के रूप में प्रयोग किया जाता है। विश्व के लगभग 21% रिएक्टर (442 में से 92) क्व.ज.रि. प्रकार के हैं। भारत का तारापुर परमाणु बिजलीघर (इकाई 1 व 2) क्व.ज.रि. प्रकार का है।

3. दाबित भारी पानी रिएक्टर (पीएचडब्ल्यूआर)

दा.भा.पा.रि. में विमंदक एवं शीतलक दोनों ही भारी पानी (D_2O) होते हैं। चूंकि भारी पानी एक अत्यंत सफल विमंदक है, अत: दाभापारि में प्राकृतिक और थोड़े परिष्कृत यूरेनियम का प्रयोग किया जाता है। भारी पानी को उबलने नहीं दिया जाता है और इसलिए प्राथमिक सर्किट को उच्च दाब पर कायम रखा जाता है। दाभापारि में विमंदक एवं शीतलक पृथक रहते हैं-विमंदक कैलेंड्रिया नामक एक दीर्घ टंकी में जबकि शीतलक कैलेण्ड्रिया के एक छोर से दूसरे छोर तक जाती हुई दाब ट्यूबों में। ईंधन बंडल दाब ट्यूबों में रखे जाते हैं जिसमें से शीतलक (D_2O) प्रवाहित होता है। इसका अर्थ है कि दाब ट्यूबों के अलावा संपूर्ण प्रणाली को उच्च दाब पर बरकरार रखने की आवश्यकता नहीं है। कैलेंड्रिया में विमंदक भी इस निम्न ताप में ही रहता है। भारी पानी शीतलक से निष्कासित विखंडन ताप वाष्प उत्पत्ति के लिए स्टीम जेनेरेटर में साधारण जल में अंतरित होता है।

चूंकि प्राथमिक (शीतलक) एवं द्वितीयक सर्किटों को पृथक किया जाता है, अत: द्वितीय सर्किट में रेडियोसक्रियता पहुँचने की कोई संभावना नहीं है। इस प्रकार के रिएक्टर का एक और लाभ है कि चालू रिएक्टर में पुन: ईंधनीकरण, अर्थात् रिएक्टर को बिना बंद किए उसमें पुन: ईंधन भरा जा सकता है। भारत में सत्रह प्रचालित न्यूक्लियर विद्युत रिएक्टर दाभापारि समूह के हैं।

Secondary shutdown system: It is based on the hydrodynamic principle This system can quickly terminate the chain reaction by injecting concentrated gadolinium nitrate solution into the bulk moderator through twelve horizontally located injection tubes in calandria. This liquid poison injection system is a fast-acting standby to primary shutdown system. Both the fast-acting shutdown systems are backed by liquid poison injection system (LPIS) for bulk-mode addition of boron solution in moderator and automatic liquid poison addition system (ALPAS) for addition of controlled quantities of boron into moderator after receiving the appropriate signal to ensure guaranteed sub-criticality of the reactor for prolonged periods.

What are the types of nuclear power reactors?

A nuclear power reactor is a device devised to sustain a nuclear fission chain reaction in a controlled fashion. There are many types of nuclear power reactors but what is common to them all is that they produce thermal energy which can be converted into mechanical energy and then into electrical energy.

1. Pressurised Water Reactors (PWR)

PWRs belong to light water reactor family. In a PWR, the moderator and coolant are both light water (H_2O). The primary circuit that removes fission heat is maintained at a high pressure and hence the name 'Pressurised Water Reactor'. The high pressure in the primary circuit inhibit the light water from boiling. A pressuriser is used to maintain the pressure in the primary circuit. The water in primary circuit or coolant transfers its heat to light water in the secondary circuit through a steam generator (heat exchanger), where steam is raised to rotate turbo-generator.

PWR use low-enriched uranium (3-4%) sometimes, however, a mix of uranium and plutonium oxide (MOX) is also used. PWR is a dominant type of reactor in the world of the 442 operational reactors, 269 (about 60%) belong to PWR (as on March 31, 2011)

2. Boiling Water Reactors (BWR)

BWRs also belong to light water reactor family, where light water (H_2O) acts both as moderator and coolant. A part of water is allowed to boil in the reactor pressure vessel. Steam and moisture are separated in the upper part of the reactor vessel, and then routed directly to turbine. Steam leaving the turbine is condensed and fed back to the reactor.

The pressure of water is lower in BWRs than in the PWRs, since water is allowed to boil in the reactor. The fuel is usually low-enriched uranium oxide (LEV). About 21% of reactors in the world (92 of 442) belongs to BWR type.

India's Tarapur Atomic Power Station (units-1&2) are of BWR type.

3. Pressurised Heavy Water Reactor (PHWR)

In PHWRs, both moderator and coolant are heavy water (D_2O). Since heavy water is a very efficient moderator, PHWRs use natural or slightly enriched uranium. Heavy water is not allowed to boil, and threfore, the primary circuit is maintained at a high pressure. In PHWRs, the moderator and coolant remain separate — the moderator in a large tank called calandria where as coolant in pressure tubes running from one end to the other of calandria. Fuel bundles are kept in the pressure tubes, through which coolant (D_2O) flows. It means that entire system used not be maintained at high pressure except the pressure tubes. The moderator in the calandria also remain at such lower temperature. The fission heat removed by heavy water coolant is transferred to light water in a steam generator to raise steam.

Since the primary (coolant) and secondary circuits are separated, there is no possibility of radioactivity reaching the secondary circuit. Another advantage of this type is the on-power refuelling, i.e.,the reactor can be refulled

रिएक्टर के अन्य प्रकार:

कुछ अन्य प्रकार के रिएक्टर भी हैं जैसे गैस ग्रेफाइट रिएक्टर जिसमें विमंदक के रूप में ग्रेफाइट प्रयोग होता है तथा कुछ गैसें जैसे कार्बन डाईऑक्साइड शीतलक के रूप में। एक अन्य प्रकार के रिएक्टर (आर बी एम के) में ग्रेफाइट को विमंदक के रूप में प्रयोग किया जाता है तथा क्वथन जल शीतलक होता है। विश्व का पहला न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र (पूर्व सोवियत रूस राज्य संघ में ओबनिन्सक) एक आरबीएमके था तथा चेर्नोबिल भी वैसा ही था।

फास्ट ब्रीडर रिएक्टर के आंतरिक कोर (सारगर्भ) में यूरेनियम डाईऑक्साइड एवं प्लूटोनिम डाईऑक्साइड का प्रयोग होता है जबकि सारगर्भ के बाह्य भाग या ब्लैंकेट में अवक्षयित यूरेनियम अर्थात्, वह यूरेनियम जिसमें U-235 की मात्रा प्राकृतिक से 0.7% कम होती है। अधिकांशत: U-238 की समाविष्टि वाला ब्लैंकेट यूरेनियम एक न्यूट्रॉन ग्रहण कर Pu 239 में परिवर्तित होता है अत: अधिक प्लूटोनियम उत्पन्न करता है, इसलिए इसका नाम "ब्रीडर" है। फास्ट-ब्रीडर में किसी विमंदक का प्रयोग नहीं होता क्योंकि उपर्युक्त प्रक्रिया के लिए तीव्र न्यूट्रॉनों की आवश्यकता होती है। विखण्ड्य U-233 उत्पन्न करने के लिए थोरियम भी प्रयोग किया जा सकता है। फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों में रिएक्टर के सारगर्भ से स्टीम जेनेरेटर में विखंडन ताप के अंतरण के लिए द्रवित सोडियम को शीतलक के रूप में प्रयोग किया जाता है। एक फास्ट ब्रीडर टेस्ट रिएक्टर (एफ बी टी आर) इंदिरा गाँधी परमाणु अनुसंधान केंद्र, कलपक्कम में प्रचालनाधीन है तथा एक 500 मेगावाट प्रोटो-टाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर (पीएफबीआर) कलपक्कम, तमिलनाडु में निर्माणाधीन है।

न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र कैसे संरक्षित हैं?

प्राथमिक संरक्षा विश्लेषण रिपोर्ट (पीएसएआर) जो कि संयंत्र की संरक्षा का एक अत्यंत विस्तृत दस्तावेज है, को संयंत्र की स्थापना से पूर्व बनाया जाता हैं इसमें समस्त सामान्य दुर्घटना की संभावना वाली तथा अनुमानिक स्थितियों जो कि घटित हो सकती हैं, को ध्यान में रखता है। डिजाइन और साथ ही साथ प्रशासनिक कार्रवाइयों में इनका ध्यान रखा जाता है ताकि पर्यावरण में विमुक्त होने वाली डोज़ को प.ऊ.नि.प. के दिशानिर्देशों के अनुसार यथा संभव न्यून प्राप्य तक सीमित रखा जाता है। इसके अतिरिक्त, विफलता संरक्षित सिद्धांत पर डिजाइन किए गए संयंत्रों के प्रचालन हेतु कड़े संरक्षा मानदंड तय किए जाते हैं। संरक्षा प्रणाली में अत्यंत उच्च श्रेणी की अतिरिक्तता उपलब्ध कराई जाती है। मानव चूकों की आशंकाओं को पूर्णत: समाप्त कर दिया गया है चूंकि समस्त बचाव कार्रवाइयाँ बिना मानव हस्तक्षेप के मशीनों द्वारा यंत्रवत् की जाती हैं। परियोजना संरक्षा विश्लेषण रिपोर्ट (पीएसएआर) के अंश के रूप में क्षति की सीमा को भी विश्लेषित किया जाता है तथा संयंत्र डिजाइन में संरक्षा विशेषताएं डालने हेतु ध्यान में रखा जाता है।

संभावित संरक्षा मूल्यांकन (पीएसए) न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों की संरक्षा मूल्यांकन की अग्रिम तकनीक है तथा यह न्यूक्लियर संरक्षा के परिमाणित मूल्यांकन हेतु उपयोगी, अनुकूल एवं संरचनागत ढाँचा उपलब्ध कराता है। एकीकृत तरीके से संयंत्र की समग्र संरक्षा पर संयंत्र के डिजाइन एवं प्रचालन प्रक्रियाओं के प्रभाव पर नजर हेतु यह गहन कठिन मूल्यांकन किया जाता है। संभाविता संरक्षा विश्लेषण के आधार पर अनुमानित संकटों हेतु निर्णय-लेना अब वैश्विक न्यूक्लियर उद्योगों में प्रतिदिन का क्रम बन गया है। इन अध्ययनों की पूर्णता सहित न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड ने अनुमानित संकट निर्णय-लेने के प्रति अपनी क्षमता में वृद्धि की है।

न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र में आपातकालीन स्थिति क्या है ?

न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र में विकिरण आपातकाल एक ऐसी अवस्था है जिसमें किसी हादसे के कारण कामगारों एवं जनता के अनियोजित विकिरण से उद्भासित होने की संभावना होती है जिसके परिणामस्वरूप या तो संयंत्र के भीतर एवं / अथवा संयंत्र के आसपास के पर्यावरण में अनियंत्रित विकिरण सक्रियता का विसर्जन होता है। दुर्घटनापूर्ण स्थितियों से निपटने के लिए निम्नलिखित तीन उद्देश्यों हेतु न्यूक्लियर संस्थापनाओं द्वारा अग्रिम रूप से आपातकाल योजनाएं बनाई गई हैं।

- उद्भासन को यथासंभव न्यून प्राप्य तक सीमित रखना तथा सीमा से अधिक उद्भासन को रोकना।
- हादसे के कारणों के बारे में सूचना प्राप्त करना तथा हादसे के परिणामों का मूल्यांकन करना।
- यथासंभव शीघ्र, स्थिति को पुन: नियंत्रण में लाना।

अन्तर्राष्ट्रीय नाभिकीय घटना पैमाना (आईएनईएस) क्या है?

न्यूक्लियर संस्थापनाओं में होने वाली घटनाओं की गंभीरता को सरलीकृत करने के लिए अन्तर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी

without an outage. Fifteen operating nuclear power reactors in India belong to the PHWR family.

Other Reactor Types:

There are a few other types of reactors like gas graphite reactors which are ghraphite as moderator and some gas, like carbon dioxide, as coolant. The other type (RBMK) uses graphite as moderator and the coolant is boiling water. World's first nuclear power plant (Obninsk in the erstwhile USSR) was an RBMK and so was the Chernobyl.

A fast breeder reactor uses a mixture of uranium dioxide and plutonium dioxide in the inner core, whereas the outer part of the core or the blanket uses depleted uranium, i.e.,the uranium in which the U-235 content is lower than the natural 0.7%. The blanket uranium containing mostly U-238 converts into Pu-239 on capturing a neutron, thus producing more plutonium, hence the name 'breeder'. No moderator is used in fast breeders since fast neutrons are needed for the above process. Thorium can also be used to produce fissile U-233. Fast breeder reactors use liquid sodium as coolant to transfer fission heat from the reactor core to the steam generator. A fast breeder test reactor (FBIR) is in operation at IGCAR, Kalpakkam and one 500-MWe prototype fast breeder reactor (PFBR) is under construction at Kalpakkam, Tamil Nadu.

What about safety of a nuclear power plant?

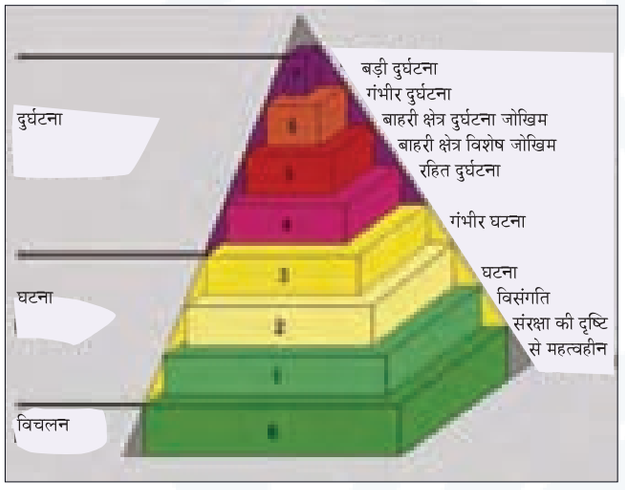
Preliminary Safety Analysis Report (PSAR), which is a very detailed document on plant safety, is first prepared, before a plant is conceived. It assumes all normal, accidental and hypothetical conditions, which can take place. These are taken care in design as well as administrative actions, so that the dose released to environment is limited to as low as possible as per AERB guidelines. Further, stringent safety norms are set for the operation of plants, which are designed on fail-safe principles. Very high order of redundancy is provided in the safety systems. Chances of human errors are totally eliminated, as all protective actions are taken automatically by machines without human intervention. The extent of damage is also analysed as part of Project Safety Analysis Report (PSAR) and taken in to account in the design, for incorporating safety features of the plant. Probabilistic Safety Assessment (PSA) is an advanced technique in safety evaluation of the nuclear power plants and it provides a useful, consistent and structured framework for the quantified assessment of nuclear safety. This in-depth rigorous analysis is to look at the impact of design and operating practices of the plant on the overall safety of the plant, in an integrated manner. Risk-informed decision-making based on Probabilistic Safety Analysis is now becoming the order of the day for the nuclear industry globally. With the completion of these studies, Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL) has enhanced the capability towards risk-informed decision-making.

What about emergency situation in a nuclear power plant?

Radiation emergency in a nuclear power plant is a situation having the potential of unplanned radiation exposure to workers and public due to an incident which results into uncontrolled release of radioactivity either within the plant and/or to the surrounding environment. To take care of accidental situations, emergency plans are drawnup in advance by the nuclear installation for following three objectives.

- To restrict the exposure as low as reasonably achievable and avoid exposures above the limit.
- To obtain information about the causes of the incident and assess the consequences of the incident.
- To bring the situation back under control as early as possible.

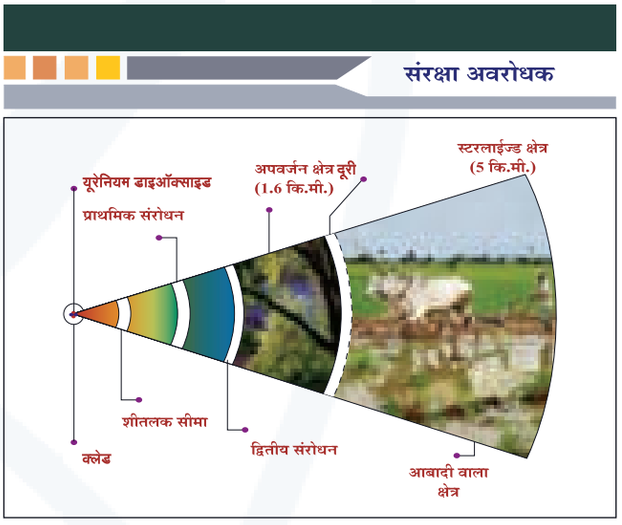
(आईएईए) ने अन्तर्राष्ट्रीय नाभिकीय घटना पैमाने (आईएनईएस) का विकास किया है। घटनाओं को शून्य से सात तक की संख्या दी जाती है। स्तर 0 की घटनाएं "विचलन" होती हैं तथा इनका संरक्षा की दृष्टि से कोई महत्व नहीं होता है। स्तर 1 से 3 की घटनाएं "घटनाएं" होती हैं। स्तर 4 से 7 की घटनाएं "दुर्घटनाएं" होती हैं। आईएईए के आईएनईएस द्वारा परिभाषित कोई नाभिकीय दुर्घटना



भारतीय न्यूक्लियर बिजलीघरों में नहीं घटी है।

वैकिरणकी संरक्षा क्या है?

व्यावसायिक कार्मिकों तथा आम जनता के उद्भासन का नियंत्रण भारतीय न्यूक्लियर विद्युत कार्यक्रम का अभिन्न अंग है। न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र में कार्यरत कार्मिकों तथा पर्यावरण का उद्भासन निर्धारित सीमाओं के काफी अंदर रखा जाता है तथा जहाँ अपरिहार्य हो यथा संभव न्यून प्राप्य (एलारा) रखा जाता है। संयंत्र कार्मिकों तथा आम जनता के विकिरण उद्भासन के लिए मानदंड अन्तर्राष्ट्रीय विकिरण रक्षण आयोग (आईसीआरपी) द्वारा निर्धारित किए जाते हैं तथा परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद (पऊनिप) द्वारा इन सीमाओं एवं मार्गदर्शनों का अनुपालन सुनिश्चित किया जाता है। आईसीआरपी की अनुशंसाओं के आधार पर पऊनिप ने व्यावसायिक कार्मिकों के लिए पाँच वर्षों में 100 मिली सीवर्ट या 10 आरईएम डोज सीमा निर्धारित किया है, जो एक वर्ष में अधिकतम 3 आरईएम तक सीमित रहनी चाहिए। संयंत्र से 1.6 कि.मी. त्रिज्या से दूर आम जनता के लिए डोज सीमा एक वर्ष में 100 मिली आरईएम अर्थात् एक वर्ष में



1 मिली सीवर्ट निर्धारित की गई है। व्यक्तियों की विकिरण सीमा के मॉनीटरन एवं नियंत्रण के लिए प्रत्येक बिजलीघर में एक स्वास्थ्य भौतिकी केंद्र विद्यमान है। यह इकाई स्वतंत्र रूप से भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र (बीएआरसी) के नियंत्रण में कार्य करती है।

विकिरण उद्भासन क्या है?

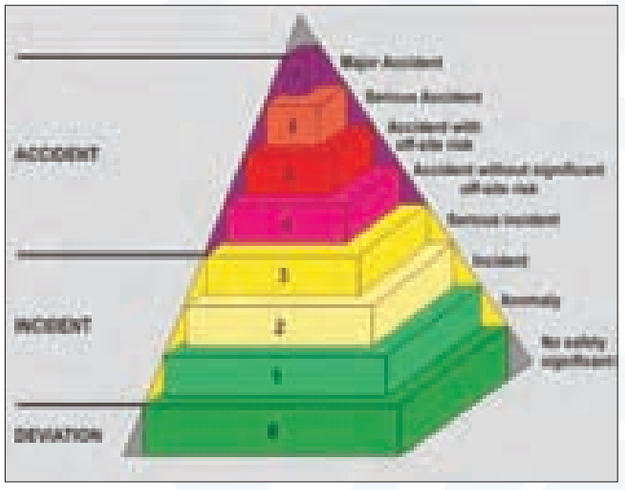
जब विकिरण पुंज किसी माध्यम से गुजरता है तो आयन युग्म बनते हैं। इन आयन युग्मों को एकत्र करके उद्भासन को मापा जाता है। इस प्रकार उद्भासन की अवधारणा विकिरण के आयनीकरण उत्पन्न करने की क्षमता पर आधारित है। उद्भासन वायु के दिए गए अल्प आयतन में उत्पन्न आयनों के अनुसार परिभाषित किया जाता है। उत्पन्न आयनों में आवेश होता है, अतएव उद्भासन को कूलंब प्रति कि.ग्रा. की इकाइयों में व्यक्त किया जाता है (एक कूलंब $6.25x10^{18}$ इलेक्ट्रॉन के संग्रह को व्यक्त करता है)। उद्भासन की संस्थापित इकाई रूण्टजेन है जो $2.58x10^{-4}$ कूलंब/कि.ग्रा. के समतुल्य है। उद्भासन दर रूण्टजेन प्रति घंटा (आर/घंटा) द्वारा सूचित की जाती है।

अवशोषित मात्रा

अवशोषित मात्रा का तात्पर्य है पदार्थ द्वारा आपाती विकिरण ऊर्जा का अवशोषण। यह उद्भासन से ज्यादा अवशोषित ऊर्जा से अधिक समबद्ध है। यह भी माना गया है कि जैविक प्रभाव केवल पदार्थ को प्रदान की गई ऊर्जा के परिणामस्वरूप होता है। किसी आयनीकारी

What is International Nuclear Event Scale (INES)?

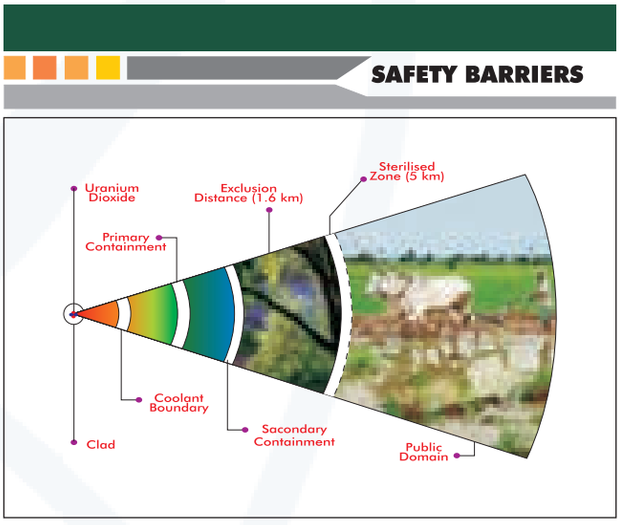
To simplify the seriousness of any incidents occurring in nuclear installations, International Atomic Energy Authority (IAEA) has developed International Nuclear Event Scale (INES). The events are rated from Zero to



Seven. Events at Level 0 are 'deviations' and have no safety significance. Events of Level 1 to 3 are 'incidents'. Events of Level 4 to 7 are 'accidents'. No nuclear accident as defined by INES of IAEA has occurred in Indian nuclear power stations.

What is radiological safety?

Control of exposure to occupational worker and members of public is an integral part of Indian nuclear power programme. Exposure personnel working at a nuclear power plant and to the environment is kept well within the stipulated limits and is kept as low as reasonably achievable (ALARA) where unavoidable. Criteria and standards for radiation exposure to plant personnel and public are set up by International Commission on Radiation Protection (ICRP) and the conformity with the limits and guidelines are established by Atomic Energy Regulatory Board (AERB). Based on



the ICRP recommendation, AERB has prescribed a dose limit of 100 mSv or 10 rem for occupational workers in five years subject to maximum 3 rem in any single year. For the general public beyond 1.6-km radius from the plant, the dose limit has been prescribed as 100 mrem in a year, i.e. 1mSv in a year. A health physics centre exists at each station to monitor and control the radiation limits of individuals. This unit is independent by working under the control of Bhabha Atomic Research Centre (BARC).

What is radiation exposure?

When a beam of radiation passes through a medium ion pairs are created. Exposure is measured by collecting these ion pairs. Thus exposure concept is based on the ability of radiation to produce ionisation. The exposure is defined in terms of ionisation produced in a given small volume of air. The ions produced have charge and hence the exposure may be expressed in the units of Coulombs per kg. (One Coulomb represents the collection of 6.25 x 10^{18} electrons). The classical unit of exposure — Roentgen is equivalent to 2.58 x 10^{-4}C/kg. Exposure rate is given by Roentgen per hour (R/hr).

Absorbed dose

The concept of absorbed dose implies the absorption of

विकिरण अर्थात् α,β,γ एवं न्यूट्रॉन के मामले में अवशोषित मात्रा ज्यादा संगत होती है। अवशोषित मात्रा को पहले "आरएडी" इकाई में तथा अवशोषित मात्रा दर को आरएडी/घंटा के रूप में व्यक्त किया जाता था। आरएडी ऊर्जा के 100 ईआरजीएस/ग्राम के अवशोषण के बराबर है। अवशोषित ऊर्जा को व्यक्त करने की नई इकाई ग्रे है।

1 ग्रे = 100 आरएडी

विभिन्न प्रकार के विकिरण की वजह से जैविक प्रभाव भिन्न हो सकते हैं। उदाहरण के लिए β कणों की तुलना में उच्चतर विशिष्ट आयनीकरण के कारण α कण आंतरिक रूप से जमा होने पर ज्यादा नुकसान पहुँचाते हैं। समतुल्य डोज निकालने के लिए अवशोषित मात्रा को गुणवत्ता कारक से गुणा किया जाता है, जो सभी आयनीकारी विकिरणों के लिए कॉमन स्केल के अनुसार किरणन व्यक्त करता है। डोज़ समतुल्य की नई इकाई सीवर्ट (एसवी) है, जिसे पुरानी इकाई आरईएम से 1 एसवी = 100 आरईएम द्वारा इंगित किया जा सकता है।

क्या विकिरण केवल न्यूक्लियर बिजलीघरों में है?

हम विकिरण तथा रेडियोसक्रिय सामग्री को केवल न्यूक्लियर रिएक्टरों से जोड़ने की चेष्टा करते हैं। काफी लोगों को यह जानकारी नहीं है कि विकिरण हमेशा पर्यावरण में मौजूद रहता है। हमें याद रखना चाहिए कि विकिरण दवाओं में भी काफी हद तक प्रयोग किया जाता है। प्राकृतिक विकिरण स्रोतों तथा औषधि में विकिरण के अनुप्रयोग से प्राप्त उद्भासन न्यूक्लियर रिएक्टरों की वजह से उद्भासन के लिए संदर्भ स्तर का काम कर सकता है।

रेडियोसक्रिय सामग्री जैसे यूरेनियम, थोरियम, रेडियम तथा पोटाशियम प्रकृति में सर्वत्र जैसे-भूमि पर, समुद्र में, हमारे चारों

भारत में प्रयुक्त होने वाली भवन सामग्रियों में प्राकृतिक विकिरण सक्रियता (बीक्यू. कि.ग्रा$^{-1}$)

सामग्री	के-40	आरए-226	टीएच-232
सीमेंट	5-385	16-377	8-78
ईंट	130-1390	21-48	26-126
पत्थर	48-1479	6-155	5-412
बालू	5-1074	1-5047	4-2971
ग्रेनाइट	76-1380	4-98	103-240
क्ले	6-477	7-1621	4-311
फ्लाय एश	6-522	7-670	30-159
लाइम स्टोन	6-518	1-26	1-33
जिपसम	70-807	7-807	1-152

* आरपीडी, 59 (2), 127 -133 (1995), वी के शुक्ला

incident radiation energy by the matter. It is more closely associated with the absorbed energy rather than the exposure. It is also understood that biological effects result only from the energy imparted to the matter. Absorbed dose is more relevant in the case of any ionising radiation, i.e. α, β, γ and neutrons. The absorbed dose was earlier expressed in the units 'Rad' and the absorbed dose rate as 'Rad/hour'. Rad is equivalent to absorption of 100 ergs/gm of the energy. The new unit to express the absorbed energy is Gray.

1 Gray = 100 rads

The biological effects due to different types of radiation may be different. For example alpha particles, once internally deposited, do greater harm, due to their higher specific ionisation as compared to β-particle. The absorbed dose is multiplied by the term Quality Fact, to get Equivalent Dose, which expresses irradiation in terms of a common scale for all ionising radiations, the new unit of dose equivalent is Sievert (Sv) which can be related to the old unit rem by 1 Sv = 100 rem.

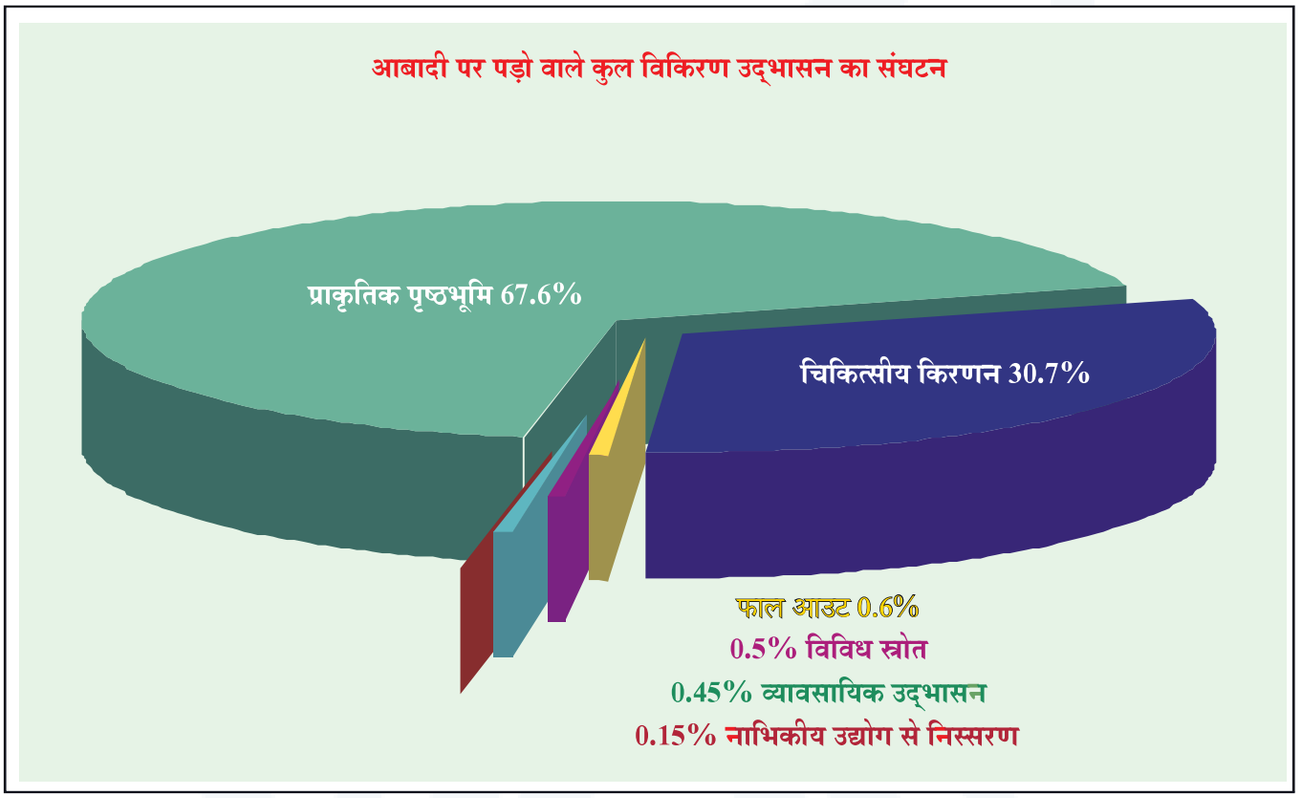
Is radiation unique to nuclear power stations?

We tend to associate radiation and radioactive materials with nuclear reactors alone. Not many may be aware that radiation has always been present in the environment. We must remember that radiation is also used in medicine to a very great extent. The exposure we receive

Natural Radioactivity (Bq.kg^{-1}) in Building Materials Used in India

Material	K-40	Ra-226	Th-232
Cement	5 - 385	16 - 377	8 – 78
Brick	130 – 1390	21 – 48	26 – 126
Stone	48 – 1479	6 – 155	5 – 412
Sand	5 – 1074	1 – 5047	4 – 2971
Granite	76 – 1380	4 – 98	103 – 240
Clay	6 – 477	7 – 1621	4 – 311
Fly ash	6 – 522	7 – 670	30 – 159
Lime stone	6 – 518	1 – 26	1 – 33
Gypsum	70 - 807	7 - 807	1 - 152

* RPD, 59 (2), 127 – 133 (1995), V.K.Shukla et al.

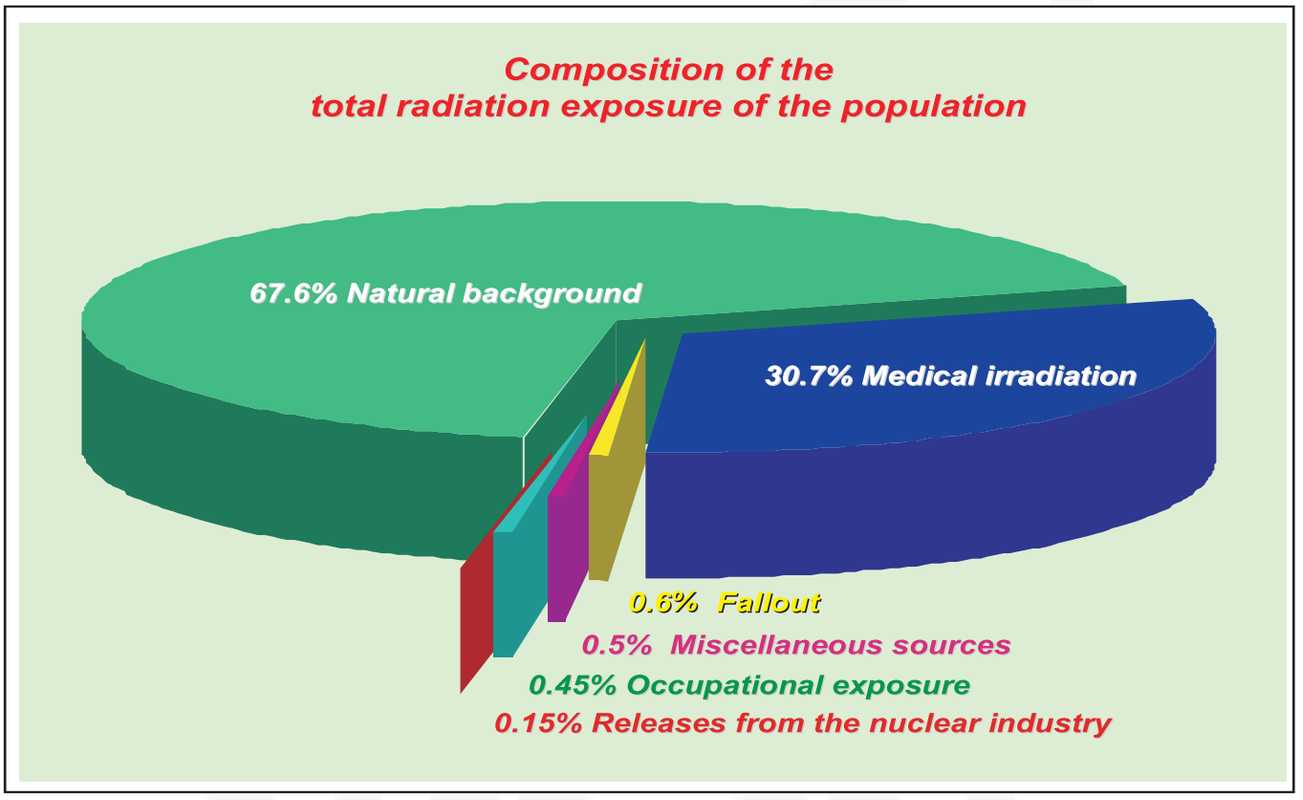


ओर की वायु में और हमारे अपने शरीर में भी मौजूद हैं। यह ही नहीं गहरे बाहरी अंतरिक्ष से भी विकिरण निरंतर पृथ्वी की ओर प्रवाहित होता रहता है। इसे कॉस्मिक विकिरण कहा जाता है।

भारतीय दाभापारि न्यूक्लियर विद्युत के सार में रेडियोसक्रिय सामग्री की कुल मात्रा पर विचार करें। इसकी तुलना में केवल विश्व के महासागरों में पोटाशियम से जुड़ी रेडियोसक्रियता की कुल मात्रा 500 गुणा ज्यादा है। यह रेडियोसक्रिय पोटाशियम मानव शरीर में भी मौजूद है तथा ऊतकों को निरंतर उद्भासित करता है।

रिएक्टरों के आस-पास विकिरण स्तर का पता लगाने एवं मापने के लिए विकसित यंत्रों की सहायता से विश्व में अन्यत्र की तरह भारत में प्राकृतिक विकिरण स्तर को चित्रित किया गया है। ये सभी जगह एक समान नहीं पाए गए हैं। कुछ स्थानों पर ये काफी उच्चतर हैं तथा वहाँ रहने वाली आबादी अनुपातत: उच्चतर उद्भासन प्राप्त करती है। पृथ्वी पर उच्चतम विकिरण स्तर वाले क्षेत्र ब्राजील, चीन, फ्रान्स तथा भारत में हैं। दक्षिणी केरल तथा निकटवर्ती तमिलनाडु के समुद्रतटों पर विकिरण स्तर राष्ट्रीय औसत से करीब छ: गुणा ज्यादा है। इन क्षेत्रों में हमेशा लोग रहते हैं। करीब 1,00,000 की आबादी केरल तथा तमिलनाडु के उच्च विकिरण क्षेत्रों में निवास करती है। इनमें कुछ लोग राष्ट्रीय औसत से 10 गुणा ज्यादा उद्भासान प्राप्त करते हैं। इस वृहद आबादी में विकिरण के हानिकारक प्रभाव का कोई लक्षण नहीं पाया गया है। इसकी तुलना में न्यूक्लियर बिजलीघरों से आबादी को विकिरण उद्भासन राष्ट्रीय औसत से करीब 30 गुणा कम तथा प्रकृति में पाए जाने वाले उच्च स्तरों से 300 गुणा कम है।

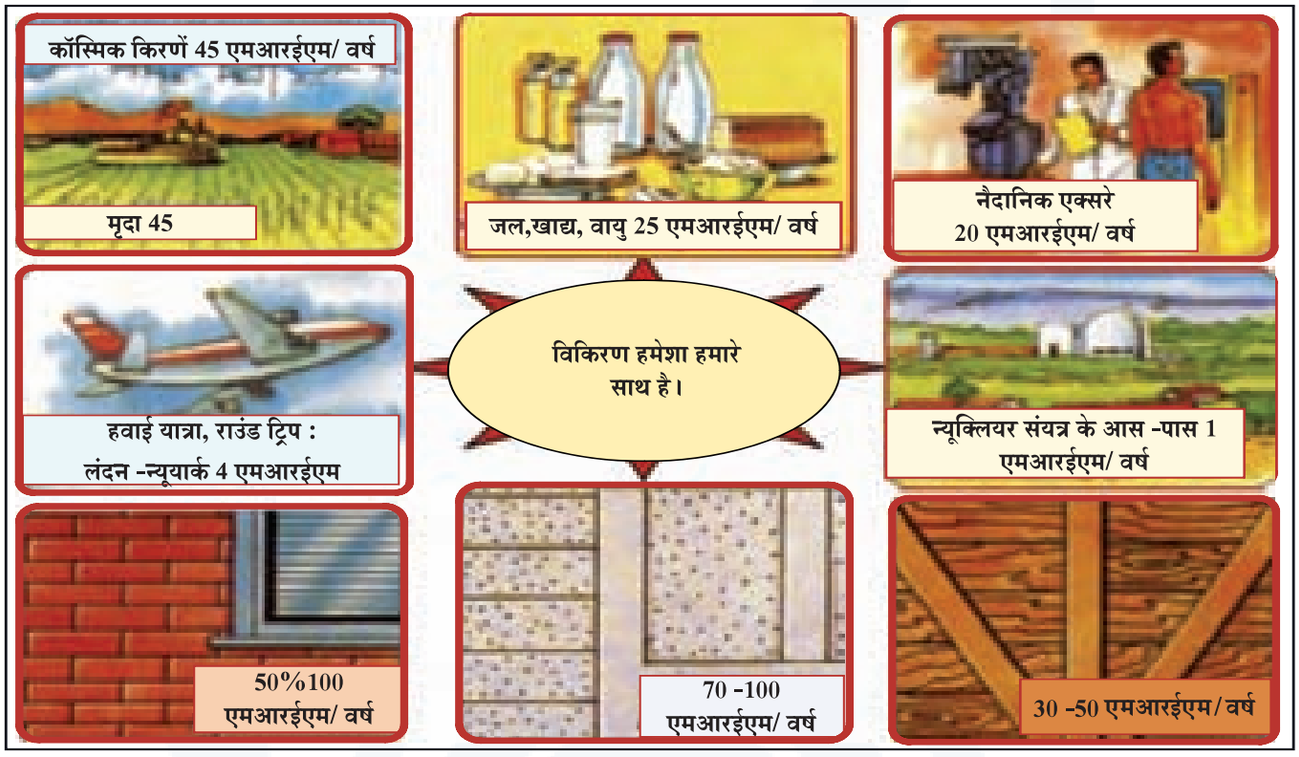
हममें से शायद कोई ऐसा नहीं होगा जिसने अपने सीने का एक्स - रे चित्र नहीं निकलवाया होगा। ज्ञात विकिरण के विभिन्न प्रकारों में केवल एक एक्स - रे ऐसा है, जो परमाणु विकिरण के अंतर्गत आता है। कोई अस्पताल एक्स - रे मशीन के बिना नहीं है। स्विच ऑन करने पर यह अति तीव्र एक्स -रे किरणपुंज उत्पन्न करता है। इस मशीन को काफी कम समय के लिए ऑन रखा जाता है। तो भी उस अल्प अवधि के दौरान यह विकिरण उद्भासन पैदा करता है। यह कितना महत्वपूर्ण है? पुन: न्यूक्लियर बिजलीघर के समीप निवास

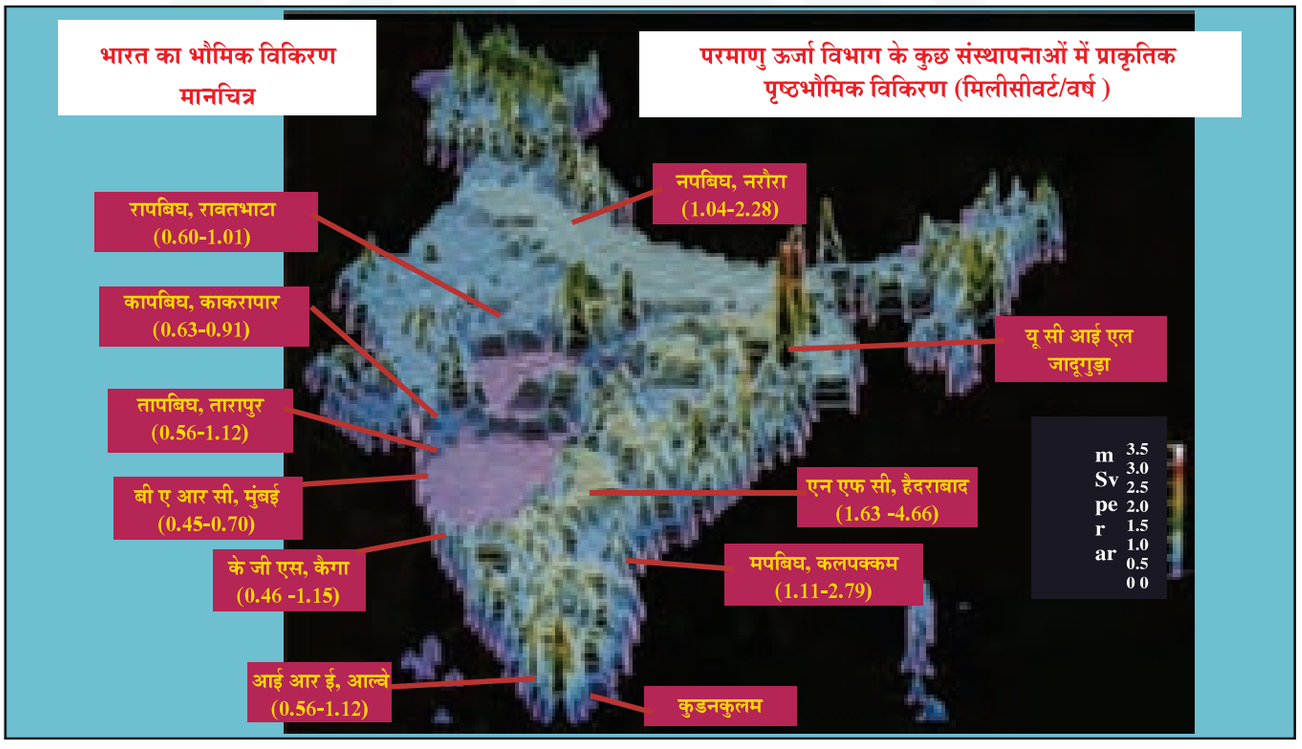


from radiation sources in nature and from applications of radiation in medicine can serve as a reference level for comparison with exposures due to nuclear reactors.

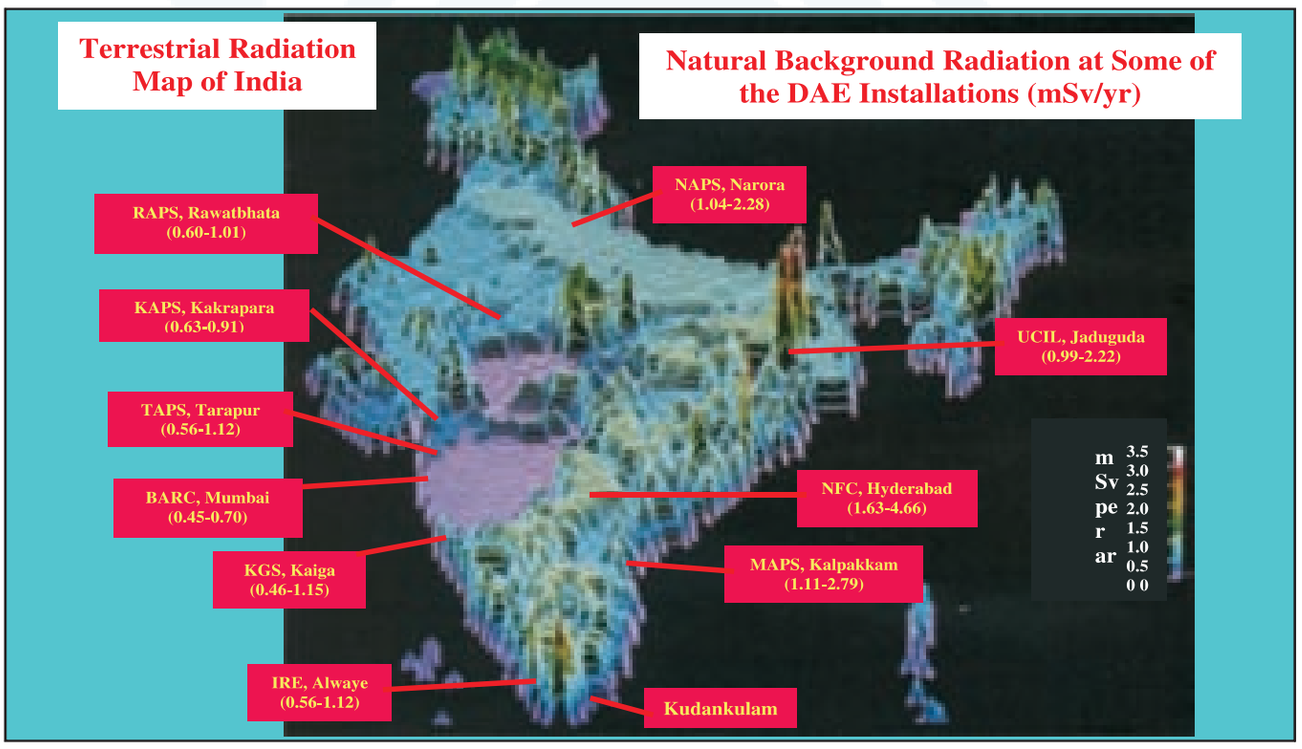
Radioactive materials like uranium, thorium, radium and potassium are present in nature everywhere on land, in the sea, in the air around us and even in our own bodies. And not just that, radiation is also constantly streaming towards the earth from deep outer space. This is known as cosmic radiation.

Consider the total amount of radioactive materials in the heart of the Indian PHWR nuclear power. In comparison, the total extent of radioactivity associated with potassium in the oceans of the world alone is 500 times greater. This radioactive potassium is also present in the human body and results in continuous exposure to the tissues. With the help of instruments developed to detect and measure radiation levels around reactors, the levels of radiation in nature have been mapped in India, as elsewhere. They are not found to be the same everywhere. In some locations they are much higher and the population living there receives proportionately higher exposures. The regions with the highest radiation levels on the earth are found in Brazil, China, France and India. On the beaches of southern Kerala and in adjacent Tamil Nadu, the radiation levels are about six times higher than the national average. People have always lived in these areas. There is a population of nearly 100,000 living in the high radiation areas of Kerala and Tamil Nadu. Some of these people receive exposures 10 times more than the national average. There are no indications of harmful effects of radiation among this large population. Radiation exposures to the population from nuclear power stations are, in contrast, lower — about 30 times lower than the average levels and 300 times lower when compared to the high levels observed in nature.


कॉस्मिक किरणें 45 एमआरईएम/ वर्ष
मृदा 45
जल,खाद्य, वायु 25 एमआरईएम/ वर्ष
नैदानिक एक्सरे
20 एमआरईएम/ वर्ष
विकिरण हमेशा हमारे
साथ है।
हवाई यात्रा, राउंड ट्रिप :
लंदन -न्यूयार्क 4 एमआरईएम
न्यूक्लियर संयत्र के आस -पास 1
एमआरईएम/ वर्ष
50%100
एमआरईएम/ वर्ष
70 -100
एमआरईएम/ वर्ष
30 -50 एमआरईएम/ वर्ष


भारत का भौमिक विकिरण
मानचित्र
परमाणु ऊर्जा विभाग के कुछ संस्थापनाओं में प्राकृतिक
पृष्ठभौमिक विकिरण (मिलीसीवर्ट/वर्ष)
नपबिघ, नरौरा
(1.04-2.28)
रापबिघ, रावतभाटा
(0.60-1.01)
कापबिघ, काकरापार
(0.63-0.91)
यू सी आई एल
जादूगुड़ा
तापबिघ, तारापुर
(0.56-1.12)
बी ए आर सी, मुंबई
(0.45-0.70)
एन एफ सी, हैदराबाद
(1.63 -4.66)
के जी एस, कैगा
(0.46 -1.15)
मपबिघ, कलपक्कम
(1.11-2.79)
आई आर ई, आल्वे
(0.56-1.12)
कुडनकुलम
m 3.5
Sv 3.0
pe 2.5
r 2.0
ar 1.5
1.0
0.5
0 0

COSMIC RAYS 45 mrem/year
SOIL 45
WATER, FOOD, AIR 25 mrem/vear
DIAGNOSTIC X-RAYS 20 mrem
Radiation our Constant Companion
AIR TRAVEL, ROUND TRIP: LONDON – NEWYORK 4 mrem
NUCLEAR PLANT VICINITY 1 mrem/year
50-100 mrem/vear
70-100 mrem/vear
30-50 mrem/year

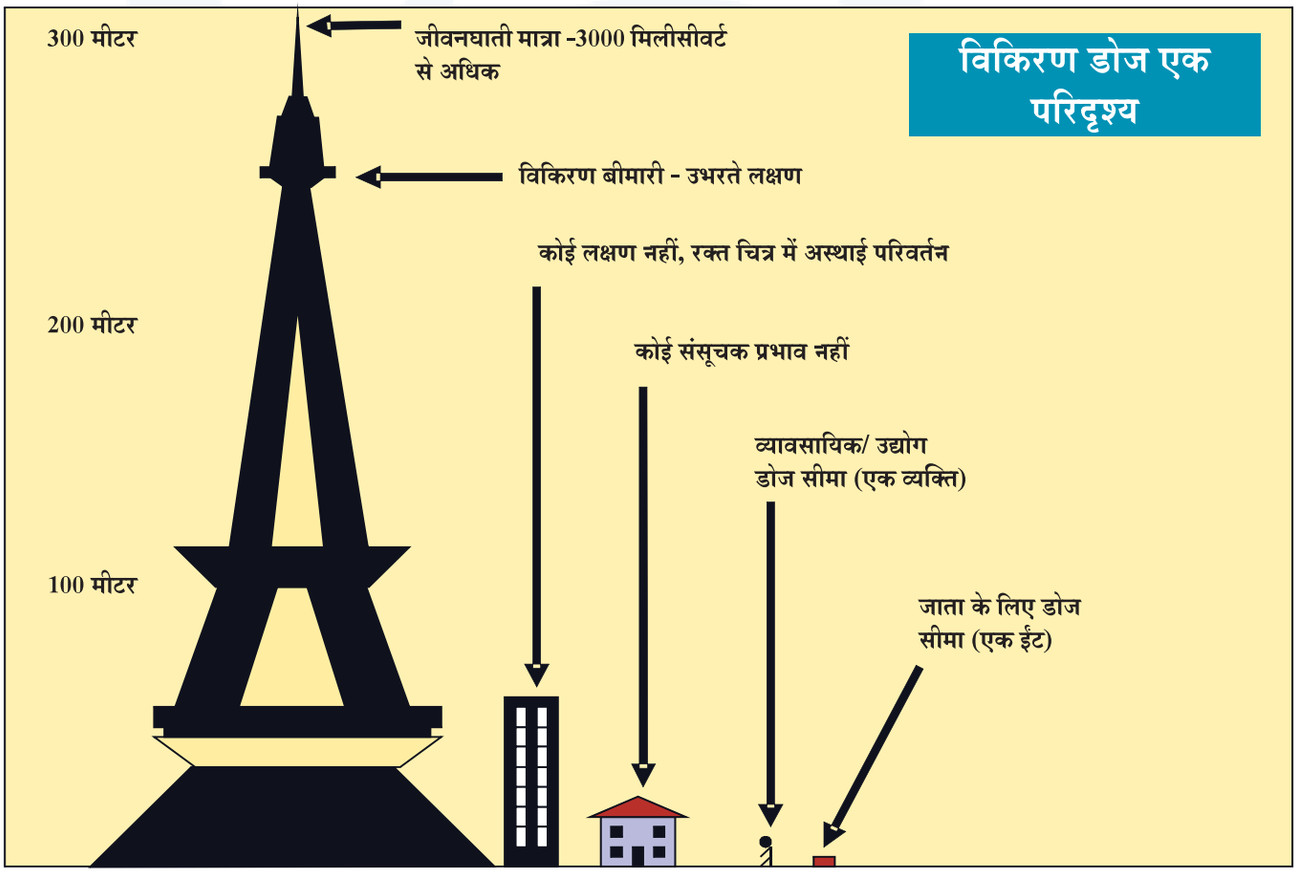

Terrestrial Radiation Map of India
Natural Background Radiation at Some of the DAE Installations (mSv/yr)
NAPS, Narora (1.04-2.28)
RAPS, Rawatbhata (0.60-1.01)
KAPS, Kakrapara (0.63-0.91)
UCIL, Jaduguda (0.99-2.22)
TAPS, Tarapur (0.56-1.12)
BARC, Mumbai (0.45-0.70)
NFC, Hyderabad (1.63-4.66)
KGS, Kaiga (0.46-1.15)
MAPS, Kalpakkam (1.11-2.79)
IRE, Alwaye (0.56-1.12)
Kudankulam

करने वाली आबादी पर विचार करें। न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र से 10 वर्षों में इस आबादी को प्राप्त होने वाला विकिरण उद्भासन, सीने के एक एक्स-रे से प्राप्त होने वाले विकिरण की तुलना में कम है।

कई अन्य चिकित्सा प्रक्रियाएं हैं, जो सीने के एक्सरे से करीब हजार गुणा ज्यादा विकिरण से रोगी को उदभासित कराती हैं। आँत की कुछ बीमारियों के निदान के लिए रोगी को पहले बेरियम सॉल्ट मिश्रण निगलने के लिए कहा जाता है। इसके बाद पेट तथा आँत के अंदर इसके मार्ग को समझते हुए कई एक्स -रे चित्र निकाले जाते हैं। यह प्रभावित हिस्सों की पहचान करने में मदद करता है। कुछ हृदय रोगों में हृदय की अवस्था के निदान तथा कई बार उपचार के उद्देश्य से भी एक नलिका शरीर के अंदर हृदय तक प्रविष्ट कराई जाती है। जैसे -जैसे यह नलिका शरीर में आगे बढ़ती है, एक्स-रे चित्रों के माध्यम से प्रत्येक चरण पर इसकी स्थिति पहचानी जाती है। ऐसी प्रत्येक प्रक्रियाओं में रोगी को काफी मात्रा में विकिरण उद्भासन मिलता है। यह भी उल्लेखनीय है कि यह उद्भासन स्तर उच्च पृष्ठभूमि क्षेत्र उदाहरण के लिए दक्षिण केरल एवं दक्षिण तमिलनाडु में रहने वाले लोगों द्वारा पूरे जीवन काल में प्राप्त संचयी उद्भासनों से तुलनीय हैं। अतएव, न्यूक्लियर बिजलीघरों से आम जनता को मिलने वाला विकिरण उद्भासन न ही एकमात्र है और न ही काफी ज्यादा है। जैसा यहाँ पहले वर्णन किया गया है, ये उद्भासन के अन्य स्रोतों से उच्चतर भी नहीं है।

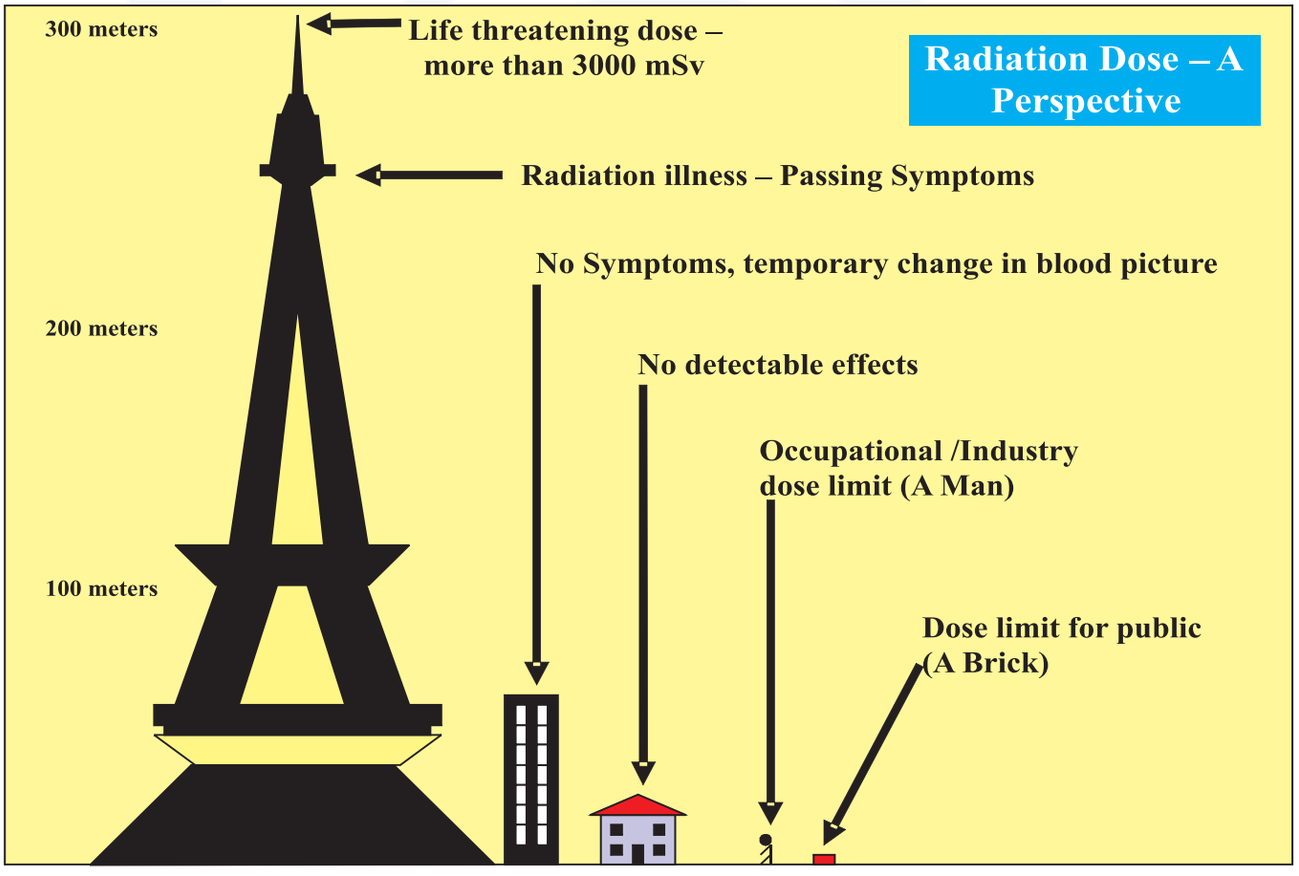
विकिरण के क्या प्रभाव है ?

विकिरण का प्रभाव इस पर निर्भर करता है कि उद्भासन का स्तर क्या है और यह उद्भासन कितने समय तक हुआ है। हम मोटे तौर पर उद्भासन के प्रभाव को निम्न, मध्यम और उच्च- तीन स्तरों में बाँट सकते हैं।



There is perhaps no one among us who has not had an X-ray picture taken of his chest. X-rays are only one of the many kinds of radiation known which come under the atomic radiation. No hospital is without an X-ray machine. When switched on, it produces a very intense beam of X-rays. The machine is kept on only for a very short time. Still during that brief period, it causes a radiation exposure. How significant is this? Consider again the population living close to a nuclear power station. The radiation exposure received by this population from a nuclear power plant in 10 years is comparably less to that received in a single chest X-ray.

There are other common medical procedures, which expose the patient to radiation about a thousand times as much as a chest X-ray. To diagnose certain intestinal ailments, the patient is first asked to swallow a barium salt mixture. Then a number of X-ray pictures are taken to follow its path through the stomach and the intestine. This helps identify the affected parts. In some heart disorders, a tube is inserted into the body reaching right up to the heart for diagnosing the heart condition and sometimes even for treatment purposes. As the tube progresses into the body, its position is identified at each stage through X-ray pictures. In each of these procedures, the patient receives a significant exposure to radiation. It must also be mentioned that these exposure levels are comparable to the cumulative exposures received over a lifetime by people living in a high-background regions, for example, the beaches of south Kerala and south Tamil Nadu. Radiation exposures to the general public from nuclear power stations are therefore not unique, neither significant, nor are they higher than other sources of exposure, as explained earlier here.



हम जानते हैं कि विकिरण प्रकृति में मौजूद है। हममें से प्रत्येक व्यक्ति विकिरण से सदा प्रभावित होता रहता है। एक व्यक्ति को मिलने वाला डोज स्थान के साथ बदलता रहता है। एक पूरे वर्ष में संचित इन डोजों के मान के रेंज को उद्भासन के निम्न स्तर के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है।

प्राकृतिक उद्भासन के लगभग 100 गुणा अधिक उद्भासन को मध्यम स्तर का तथा उससे अधिक उद्भासन को उच्च स्तर का उद्भासन कहा जा सकता है। मध्यम और उच्च स्तर के उद्भासन लंबी समयावधि के बाद केवल देरी से होने वाले प्रभाव छोड़ते है। कैंसर का होना इन प्रभावों में सबसे अधिक महत्वपूर्ण है। अब हमें पता चल गया है कि कैंसर कई कारणों से हो सकता है जैसे कि हम जिस हवा में साँस लेते हैं, जो पानी पीते हैं, जो खाना खाते हैं, उनसे भी क्योंकि इनमें विभिन्न विषैले रसायनों की उपस्थिति हमेशा रहती है। यह प्रमाण मिला है कि विकिरण से प्रभावित लोगों में कुछ को कई वर्षों जैसे 10, 20 या 40 वर्षों के बाद कैंसर हुआ है, किंतु अधिकांश को नहीं ।

ज्यादा चिंता इस बारे में है कि उद्भासित व्यक्तियों में से कितने प्रतिशत को कैंसर हो सकता है। किंतु जब मात्रात्मक रूप में यह 1000 में 1 से 100 में 1 तक हो सकता है। हम इसकी तुलना अति विकसित देशों में प्राकृतिक कैंसर की घटना से कर सकते हैं, जो करीब 5 में 1है। इस बात का कोई स्पष्ट प्रमाण नहीं है कि निम्न डोजों से कैंसर होता है। उपलब्ध आँकड़े कोई निश्चित प्रमाण प्रस्तुत नहीं करते और ऐसी स्थिति में इसकी अलग-अलग व्याख्याएं की जा सकती हैं। स्पष्ट संकेतों का अभाव इसलिए भी है क्योंकि कैंसर होने के कई कारण हैं। फिर भी सुरक्षा की दृष्टि से विकिरण के निम्न स्तरीय उद्भासनों से कैंसर की संभावनाओं को न नकारते हुए विकिरण से रक्षा के आवश्यक उपाय किए जाते हैं। अल्प समयावधि में उच्च स्तर की विकिरण मात्रा के उद्भासन से मितली आने या उल्टी आने जैसे संकेत तुरंत सामने आते हैं, लेकिन इससे जान को कोई खतरा नहीं होता है। किंतु डोज मात्राएं बढ़ने के साथ -साथ स्वस्थ होने की संभावना कम होती जाती है। यहाँ यह उल्ल्लेखनीय है कि प्रकृति में व्याप्त निम्न स्तरीय विकिरण से होने वाले उद्भासनों से लगभग 1000 गुणा अधिक की मात्रा ही जानलेवा हो सकती है।

कार्य-काल के दौरान कार्य पर घातक दुर्घटना की संभावना

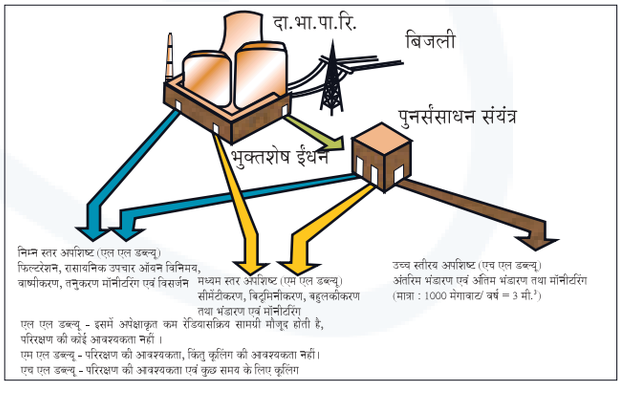
वस्त्र	1000 में 1
रसायन	1000 में 2
सभी उद्योग (औसत)	1000 में 2.7
पोत निर्माण	1000 में 4
कोयला खनन	1000 में 10
निर्माण इरेक्टर्स	1000 में 30
गहरे सागर में मछली पकडना	1000 में 100

न्यूक्लियर उद्योग में विकिरण कार्मिक के कार्य - काल के दौरान मिलने वाले विकिरण से घातक कैंसर होने की संभावना (औसत) : 1000 में 2 ।

अपशिष्ट प्रबंधन क्या है?

परंपरागत तापविद्युत बिजलीघरों में जीवाश्म ईंधन जैसे -कोयला या तेल का दहन होता है तथा इन ईंधनों में मौजूद रासायनिक ऊर्जा ऑक्सीकरण प्रतिक्रिया द्वारा ऊष्मा के रूप में मुक्त होती है। न्यूक्लियर बिजलीघरों में नाभिकों के खंडन या विखंडन द्वारा ऊष्मा उत्पन्न की जाती है। रासायनिक प्रतिक्रिया में कुछ इलेक्ट्रॉन - वोल्ट (4 ई वी) की तुलना में नाभिकीय घटना में करीब 200 मिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट ऊर्जा मुक्त होती है। अतएव कोयला या तेल जैसे ईंधन की तुलना में यह ऊर्जा का समृद्ध स्रोत है। इस प्रकार जीवाश्म ईंधन के ऊपर न्यूक्लियर विद्युत की श्रेष्ठता का एकल कारक है कि विद्युत की समान मात्रा उत्पादित करने के लिए न्यूक्लियर विद्युत द्वारा काफी कम अपशिष्ट छोड़ा जाता है।

न्यूक्लियर अपशिष्ट प्रबंधन



What are the effects of radiation?

The effects depend on the levels of exposure and the period of time over which the exposure is received. We can broadly classify exposure levels as low, moderate and high.
We know that radiation is present in nature. Each of us is constantly exposed to this radiation. The dose received by a person varies from place to place. The range of values representing these doses accumulated over a whole year can be classified as low level of exposure.

The medium level of exposure is up to about 100 times as much as the natural exposure levels and the levels of exposure beyond these can be classified as high levels. Exposures at moderate and high levels over long periods of time cause only delayed effects. Appearance of cancer is the most important among these. We now know that cancer can be caused by many things, including various toxic chemicals present in the air we breathe, the water we drink and the food we eat. There is evidence that among people exposed to radiation, some develop cancer many years, i.e. 10, 20 or even 40 years later, but most do not.

The widely expressed concern is about the percentage of exposed individuals who may develop cancer. But then, in terms of quantity this appears to range from 1 in 1000 to 1 in 100. We may compare this with natural incidence of cancer in most developed countries, which is about 1 in 5. There is no clear evidence that cancer is caused by low doses of radiation. The statistical data available provides no definite evidence and the interpretations vary. The absence of clear indications arises because there are many different causes for cancer. Yet, to be on the safe side, it is always assumed that cancer can appear due to low-level exposures and necessary radiation protection measures are taken. Exposure at high levels received over a short period of time produces immediate symptoms like nausea and vomiting, but there is no threat to life. But as the dose levels increase, the chances of recovery diminish. It must be mentioned here that the levels that can lead to loss of life are about 1000 times greater than the low levels of exposure as found in nature.

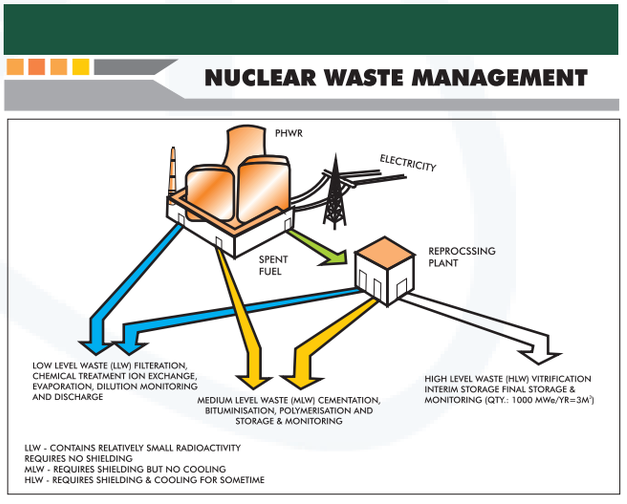
Probability of fatal accident at work during working lifetime:

Textiles	1in 1000
Chemicals	2 in 1000
All industries (average)	2.7 in 1000
Ship building	4 in 1000
Coal mining	10 in 1000
Construction erectors	30 in 1000
Deep sea fishing	100 in 1000

Probability of a fatal cancer from radiation received during working lifetime of a radiation worker in nuclear industry (average): 2 in 1000

What is waste management?

In conventional thermal power station, fossil fuel such as coal or oil is burnt and chemical energy contained in these fuels is released in the form of heat by an oxidation reaction. In a nuclear power station, heat is produced by



न्यूक्लियर ईंधन चक्र : पश्च भाग

- ट्रांबे, तारापुर और कलपक्कम में पुनर्संसाधन संयंत्र
- तारापुर और ट्रांबे में अपशिष्ट अचलीकरण संयंत्र
- ठोस भंडारण निगरानी सुविधा तारापुर

- (एसएसएसएफ) 220 मेगावाट प्रत्येक क्षमता वाले दो न्यूक्लियर रिएक्टरों के 40 वर्षों तक प्रचालित रहने से उत्पन्न ठोस अपशिष्ट को भंडारित कर सकती है।
- भारत ऐसी सुविधा वाला चौथा देश है।
- थोरियम आधारित ईंधन उच्च बर्न अप तक पहुँचता है और इसलिए बहुत कम अपशिष्ट उत्पन्न होता है।

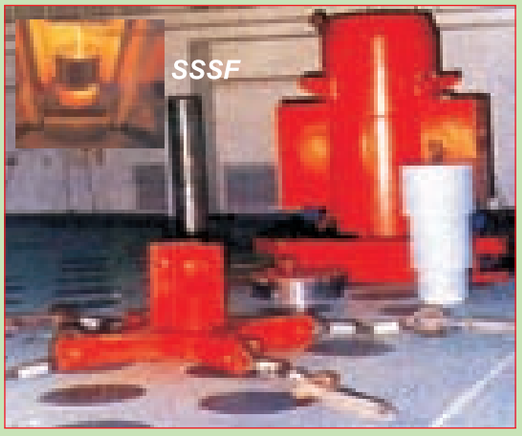
भुक्तशेष ईंधन

अधिक मात्रा में उच्च - स्तरीय रेडियोसक्रिय सामग्री से समाहित भुक्त शेष ईंधन को अपशिष्ट नहीं माना जाता है, क्योंकि यह भावी रिएक्टरों के लिए बहुमूल्य ईंधन पैदा करता है। भुक्तशेष ईंधन कक्ष में अंतरिम भंडारण के बाद, भुक्तशेष ईंधन को प्लूटोनियम के निष्कर्षण के लिए पुनर्संसाधन संयंत्र में भेजा जाता है। पुनर्संसाधन संयंत्र में उत्पन्न उच्च स्तरीय अपशिष्ट को दोहरी दीवार वाले स्टेनलेस स्टील के कनस्तर से घिरे ग्लास मैट्रिक्स में काँचीकरण द्वारा अचलीकृत किया जाता है तथा रेडियोसक्रियता के क्षय के लिए स्टेनलेस स्टील लाइन वाली कंक्रीट कक्ष में करीब 30 वर्षों के लिए निगरानी में अंतरिम भंडारण के लिए रखा जाता है। अंत में अपशिष्ट रक्षात्मक अवरोधों से घिरे गहरे भूमिगत भूगर्भीय रिपोजिटरी में रख दिया जाता है।

भुक्तशेष ईंधन

Nuclear Fuel Cycle: Back End

- *Reprocessing plants at Trombay,Tarapur and Kalpakkam*
- *Waste Immobilisation Plants at Tarapur and Trombay*
- *Solid Storage Surveillance Facility,Tarapur*

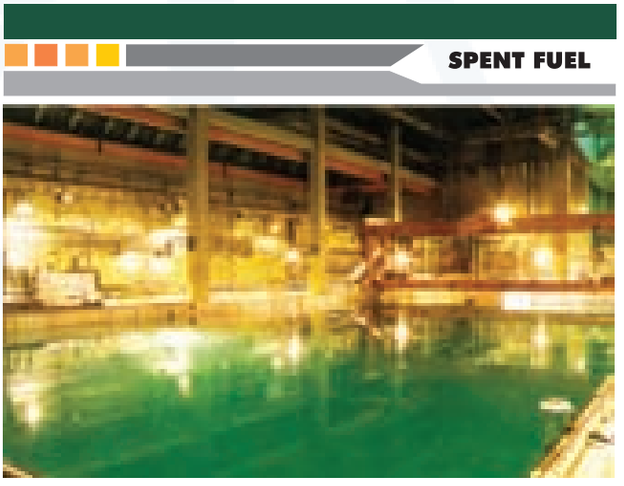


- *SSSF can store solid waste generated during the operation of two nuclear reactors, 220 MWe each, for 40 years.*
- *India is the fourth country to have such a facility.*
- *Thorium based fuels can go to high burn-ups and so waste generated is much lower*

the splitting, or fission of the nucleus. Approximately 200 million electron-Volt of energy is released in a nuclear event compared with a few electron-Volt, about 4 eV, in the above chemical reaction. It can, therefore, be a concentrated source of energy, in contrast with fuels such as coal or oil. Thus, this single factor is often a major advantage for nuclear power over fossil fuels, since the quantities of waste generated are much smaller for generating an equivalent amount of electricity.

Spent fuel

The spent fuel containing most of the high-level radioactivity is not considered as waste, as it produces valuable fuel for future reactors. After interim storage in the spent fuel bay, the spent fuel is sent to a reprocessing plant for extraction of plutonium. High-level waste generated at the reprocessing plant is immobilised by



न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों में कम मात्रा में निम्न एवं मध्यम स्तरीय रेडियोसक्रिय अपशिष्ट उत्पन्न होते हैं, जिन्हें संयंत्र परिसर में विकिरण स्तर के आधार पर भूमिगत गड्ढों, कंक्रीट सीमेंट के ढाले गए गड्ढों या टाइल छिद्रों में रख दिया जाता है। बाहरी वातावरण में रेडियोसक्रियता का रिसाव नहीं होना सुनिश्चित करने के लिए नमूना प्राप्त करने एवं विश्लेषण हेतु निपटान स्थल के आस-पास वेद्य छिद्र किया जाता है।

ठोस अपशिष्ट

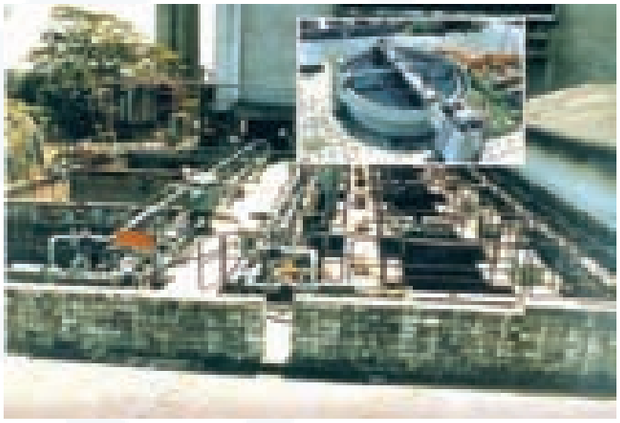
गैसीय एवं द्रव अपशिष्ट

न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों में काफी कम मात्रा में गैसीय एवं द्रव अपशिष्ट उत्पन्न होते हैं। गैसीय अपशिष्टों को फिल्टर किया जाता है, मॉनीटर किया जाता है तथा 100 -मी. ऊँची चिमनी से छोड़ दिया जाता है। द्रव अपशिष्टों को रासायनिक प्रक्रिया से स्वच्छ किया जाता है, तनु किया जाता है तथा मॉनीटरन के पश्चात् सामान्यतया जल निकायों में छोड़ दिया जाता है। नियामक शर्तों की तुलना में निर्मुक्त गैसीय एवं द्रव अपशिष्टों का स्तर बहुत कम होता है। पर्यावरण पर इन अपशिष्टों का प्रभाव निर्धारित डोज सीमा के 1% से कम आकलित किया गया है।

न्यूक्लियर बिजलीघर कितने समय तक प्रचालन कर सकता है?

मानव द्वारा निर्मित प्रत्येक उपकरण चाहे वह कार, हवाई-जहाज, पोत या कारखाना हो, की एक सीमित आयु होती है। पनबिजलीघर,

निम्न एवं मध्यम स्तरीय अपशिष्ट के लिए ट्रांबे में रासायनिक स्वच्छीकरण सुविधा



ताप बिजलीघर तथा न्यूक्लियर बिजलीघर इसके अपवाद नहीं हैं। लागत के प्रयोजन से न्यूक्लियर बिजलीघर की आयु 25 वर्ष मानी गई है किंतु वे 60 वर्षों तक प्रचालन कर सकते हैं।

न्यूक्लियर बिजलीघर के कितने हिस्से रेडियोसक्रिय हैं?

बिजलीघर का अधिकांश हिस्सा (80% से अधिक) रेडियोसक्रियता के लक्षण से मुक्त होता है। इसमें टरबाइन जेनेरेटर, लंबे पाइप, अनेक पंप तथा वाल्व, आपातकालीन डीजल जेनेरेटर सेट, क्रेन, इंस्ट्रुमेंटेशन पेनल आदि शामिल हैं। इन्हें बिना किसी प्रतिबंध के खोला जा सकता है तथा पुन: प्रयोग किया जा सकता है अथवा कबाड़ के रूप में निपटाया जा सकता है।

वे कौन से भाग हैं जो रेडियोसक्रिय हैं?

अधिकतर उपकरणों में केवल सतह पर रेडियोसक्रिय सामग्रियों का जमाव रहता है जैसे-स्टीम जेनेरेटर, पाइप, टैंक, पात्र, पंप एवं वाल्व। इस जमाव को हटाने के लिए कई परखे हुए एवं जाँचे हुए तरीके जैसे - रासायनिक एवं विद्युत रासायनिक अभिक्रिया, ब्रशिंग, उच्च दबाव जल धार आदि मौजूद हैं। इनमें से कुछ विधियाँ रसायन उद्योग में नियमित रूप से प्रयोग की जाती हैं। इन विधियों के समुचित अनुप्रयोग से विकिरण स्तर काफी हद तक कम किया जा सकता है तथा कुछ मामलों में पूरी तरह हटाया जा सकता है। रिएक्टर

vitrification in glass matrix, encapsulated in stainless steel double-walled canisters and kept for interim storage under surveillance in concrete vault lined with stainless steel for decay of radioactivity for about 30 years. Ultimately the waste is deposited in deep underground geological repository with protective barriers.

Solid waste

Nuclear power plants generate low- and intermediate-

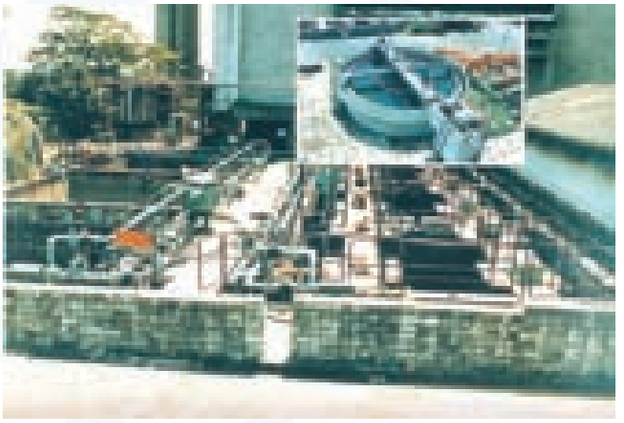
SOLID WASTE

level radioactive wastes of small quantity, which is disposed of within the plant premises in earthen trenches, reinforced cement concrete trenches or tile holes depending upon the radiation level. Bore holes are made around the disposal site for sample collection and analysis to ensure that no leaking of radioactivity occurs to the outside.

Gaseous and liquid waste

Nuclear power plants generate very low levels of gaseous and liquid radioactive wastes. Gaseous wastes are filtered, monitored and disposed of through 100-m-tall stack. Liquid wastes are treated chemically, diluted and generally sent to water body after monitoring. The levels of gaseous and liquid wastes released are very low compared to regulatory stipulations. The impact of these wastes on the environment is estimated to be less than 1% of the stipulated dose limit.

CHEMICAL TREATMENT FACILITY FOR LOW & INTERMEDIATE LEVEL WASTE AT TROMBAY



How long can a nuclear power station operate?

Every equipment built by man, whether it is a car, a plane, a ship or a factory has a limited life. Hydel power stations, thermal power stations and nuclear power stations are no exceptions. For costing purposes, the life of a nuclear power station is assumed to be 25 years, but they can run longer, up to 60 years.

How much of the nuclear power station is radioactive?

The major part of the station (over 80%) is free from any traces of radioactivity. Included in this are the turbine generator, long lengths of pipe work, many pumps and valves, emergency diesel generator sets, cranes, instrumentation panels and the like. These can be dismantled and reused or disposed of as scrap without any restriction.

What about those parts which are radioactive?

Most of these have only surface deposits of radioactive materials. Examples are steam generators, pipe work, tanks, vessels, pumps and valves. Many tried-and-tested methods, such as chemical and electrochemical treatment, brushing, high-pressure water jets, etc., are

भवन में रिएक्टर पात्र मुख्यत: तथा इसके अंदर के कल-पुरजे तथा इसे घेरने वाली स्टील/ कंक्रीट संरचना सबसे ज्यादा रेडियोसक्रिय उपकरण होती है। रिएक्टर वेसल तथा स्टील/ कंक्रीट घेरा खोलने के लिए कंक्रीट काटने हेतु विशिष्ट तकनीकियाँ जैसे जलगत प्लाजमा कटिंग तकनीकी, लेजर कटिंग तकनीकी तथा डायमंड टिप वृत्ताकार आरा मौजूद हैं। यदि आवश्यकता हो तो, इन क्रियाओं को सुदूर स्थानों तथा जल के अंदर से संपादित किया जाता है।

स्वच्छीकरण के दौरान उत्पन्न रेडियोसक्रिय अपशिष्ट क्या हैं?

विशिष्ट जलगत प्रक्रिया के प्रयोग द्वारा सूखा धूल बनना रोका जा सकता है। द्रव अपशिष्ट, गाद रूपी सामग्री तथा ठोस अपशिष्टों का हैंडलिंग उसी प्रकार किया जा सकता है, जैसे बिजलीघर के सामान्य प्रचालन के दौरान अपशिष्टों का किया जाता है। यह अनुमानित किया गया है कि ऐसे अपशिष्टों की कुल मात्रा रिएक्टर के सामान्य प्रचालन के दौरान उत्पन्न मात्रा से अधिक नहीं होती है।

प्रचालन बंद करने की प्रक्रिया कितनी लंबी चलने की संभावना होती है?

रिएक्टर के अंतिम शटडाउन से करीब 5 वर्षों के अंदर सभी सुगमता से पहुँच वाली रेडियोसक्रिय सामग्रियों जैसे प्रयुक्त ईंधन तथा अन्य ठोस अपशिष्टों को रिएक्टर भवन से बाहर निकालना संभव है। एक अनुरक्षण कर्मचारी समूह (स्केलेटल स्टाफ) रिएक्टर भवन के अंदर अन्य पुरजों की निगरानी के लिए पर्याप्त होगा। ये प्रक्रियाएं डिकमीशनिंग कार्यक्रम का चरण-1 बनाती हैं। विश्व में सात रिएक्टर इस अवस्था को पार कर चुके हैं।

रिएक्टर पात्र के बाहर उपकरण/मशीन का विसंदूषीकरण एवं खोला जाना तथा रिएक्टर भवन में (उदाहरणार्थ-स्टीम जेनेरेटर, पाइपिंग कार्य, टैंक एवं वेसल्स) करीब अगले 5 वर्षों में निकाले जा सकते हैं। विश्व में पाँच रिएक्टर वर्तमान में इस अवस्था में हैं, जिसे चरण-2 के रूप में जाना जाता है।

यदि रिएक्टर वेसल्स तथा इसके चारों ओर के कंक्रीट ब्लॉक का निकाला जाना 50 वर्षों के लिए आस्थगित किया जाता है, तो करीब 10 के गुणक में रेडियोसक्रियता स्तर में कमी का लाभ उठाना संभव हो सकता है। इसके बाद रिएक्टर भवन को गिराया तथा स्थल का समतलीकरण किया जा सकता है। इस प्रकार, बिजलीघर के शटडाउन के बाद करीब 60 वर्षों में स्थल के मूल अवस्था में वापस आने की प्रक्रिया पूरी होने की संभावना है।

तारापुर परमाणु बिजलीघर, महाराष्ट्र

available for removing those deposits. Some of these methods are routinely in use in chemical industries. Through application of these methods, the radiation levels can be brought down significantly, and in some cases, even completely. The reactor vessel proper, including the parts within and the steel/concrete structure enclosing it, is the most radioactive component in the reactor building. Specialised techniques such as underwater plasma-cutting techniques, laser-cutting techniques, and diamond-tipped circular saws for cutting through concrete are available for dismantling the reactor vessel and the steel/concrete enclosure. These operations can be carried out, if necessary, remotely and underwater.

What about the radioactive wastes generated during cleanup?

The generation of dry dust can be avoided through the use of special underwater operations. Liquid wastes, sludge-type material and solid wastes can be handled in the same manner as the wastes during the normal operation of the station. It is estimated that the total volume of such wastes is no more than what is dealt with during routine operation of the reactor.

How long are the dismantling operations expected to last?

Within about 5 years after the final shutdown of the reactor, it should be possible to remove all easily accessible radioactive materials outside the reactor building such as used fuel and other solid wastes. A skeletal staff would be adequate for maintaining surveillance over the other parts inside the reactor building. These operations constitute stage-1 of the decommissioning programme. Seven reactors around the world have passed through this stage.

The decontamination and dismantling of equipment/ machinery outside the reactor vessel and in the reactor building (e.g. steam generator, pipe work, tanks and vessels) can be removed over a further period of about 5 years. Five reactors around the world are presently at this stage, which is known as stage-2.

If the removal of reactor vessel and the concrete block around it is deferred for 50 years, it would be possible to take advantage of the decline in radioactivity levels by about a factor of 10. The demolition of the reactor building and leveling of the site could then follow. Therefore, restoration of the site to the virgin state can be expected to be completed in about 60 years after the station is shut down.

TARAPUR ATOMIC POWER STATION , MAHARASHTRA

यदि न्यूक्लियर विद्युत के बारे में अभी भी कोई बात स्पष्ट नहीं है, तो कृपया अपने प्रश्न हमें भेजें:

IF THERE IS ANYTHING STILL UNCLEAR ABOUT NUCLEAR POWER, PLEASE SEND YOUR QUERIES

Printed By : Graphtone (India) Pvt. Ltd. E-Mail : graphtone_i@sify.com

निगम संचार
न्यूक्लियर पॉवर कार्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (एनपीसीआईएल)
(भारत सरकार का उद्यम)
6-एस-14, विक्रम साराभाई भवन, अणुशक्तिनगर, मुंबई 400 094
टेलीफोन : 25992623 - फैक्स : 25991926
ई-मेल : skjena@npcil.co.in
वेबसाईट : http://www.npcil.nic.in

एनपीसीआईएल
NPCIL

Corporate Communications Group
NUCLEAR POWER CORPORATION OF INDIA LTD.
(A Government of India Enterprises)
6-S-14, Vikram Sarabhai Bhawan, Anushakti Nagar,
Mumbai - 400094
Tel: 25992623 ~ Fax: 25991926
E-mail: skjena@npcil.co.in ~ Website: http://www.npcil.nic.in