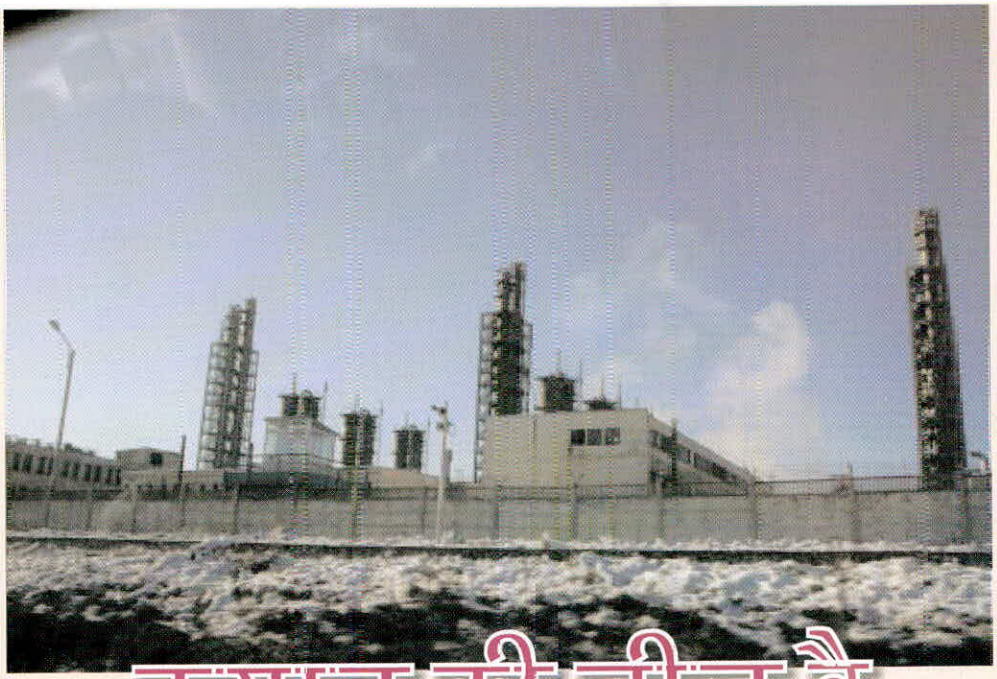


कमाल की चीज़ है भारी पानी

शुकदेव प्रसाद

भारी पानी का ग्रेड उच्च करने की पद्धति का विकास भारतीय विशेषज्ञों ने कर लिया है और ऐसे दो संयंत्र कोटा और कलपक्कम में स्थापित किए जा चुके हैं जो सफलतापूर्वक कार्य कर रहे हैं।

भारत अब विश्व का सबसे बड़ा भारी पानी उत्पादक राष्ट्र है। भारी पानी बोर्ड ने दक्षिण कोरिया, चीन और अमरीका जैसे देशों को भारी पानी का सफलतापूर्वक निर्यात किया है।

बात सुनने में अटपटी लगती है न? पानी तो पानी, भारी और हल्का पानी कैसा? पर बात सच है। पानी कई तरह का होता है।

हम जानते हैं कि पानी (H_2O) के एक अणु की रचना हाइड्रोजन (H) के दो परमाणुओं और ऑक्सीजन (O) के एक परमाणु के मिलने से होती है। पर हाइड्रोजन के भी कई रूप हैं। हाइड्रोजन के तीन रूपों की हमें जानकारी है। ये क्रमशः साधारण हाइड्रोजन (H), ड्यूटेरियम (D), और ट्राइटियम (T) कहलाते हैं। हाइड्रोजन के ये विभिन्न रूप इसके समस्थानिक (Isotopes) हैं। इसी तरह ऑक्सीजन के भी तीन समस्थानिक रूप पाए जाते हैं।

हाइड्रोजन के तीनों रूपों का परमाणु क्रमांक 1 है अर्थात उनके नाभिकों में 1 प्रोटॉन पाया जाता है और उसके चारों ओर कक्ष में 1-1 इलेक्ट्रॉन चक्कर लगाते हैं।

साधारण हाइड्रोजन (H) में कोई न्यूट्रॉन नहीं होता, केवल 1 प्रोटॉन होता है, ड्यूटेरियम में 1 प्रोटॉन के साथ 1 न्यूट्रॉन होता है और ट्राइटियम में 1 प्रोटॉन के साथ 2 न्यूट्रॉन होते हैं। इसी नाते हाइड्रोजन के इन तीनों रूपों के परमाणु भार भिन्न होते हैं। ऐसी ही स्थिति सभी तत्वों के समस्थानिकों के साथ होती है।

	प्रोटियम	ड्यूटेरियम	ट्राइटियम
परमाणु संख्या	1	1	1
परमाणु भार	1	2	3

हाइड्रोजन के समस्थानिक

हाइड्रोजन के इन रूपों को क्रमशः इस प्रकार लिखा जाता है :

$_1H^1$, $_1H^2$ और $_1H^3$

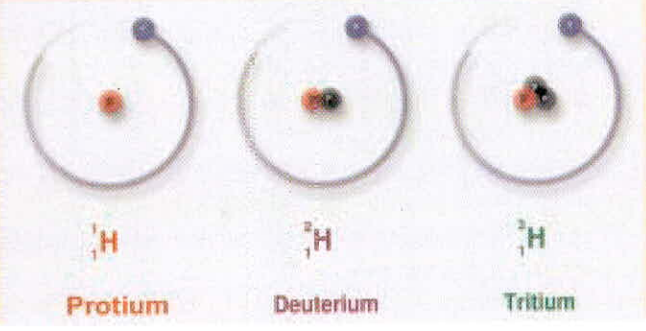
इसी प्रकार ऑक्सीजन के भी तीन रूप ज्ञात हैं, जिन्हें क्रमशः इस प्रकार लिखा जाता है:

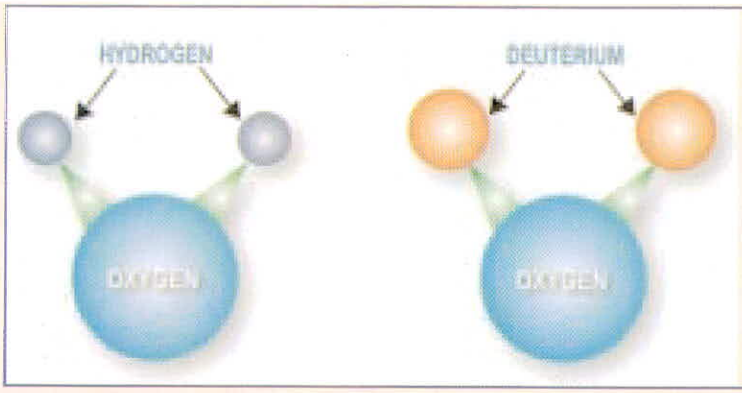
$_8O^{16}$	$_8O^{17}$	$_8O^{18}$
परमाणु क्रमांक = 8	परमाणु क्रमांक = 8	परमाणु क्रमांक = 8
परमाणु भार = 16	परमाणु भार = 17	परमाणु भार = 18

इसका अर्थ यह हुआ कि ऑक्सीजन के तीनों रूपों का परमाणु क्रमांक 8 है पर उनके परमाणु भार भिन्न हैं जो क्रमशः 16, 17 और 18 हैं।

प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के भार लगभग समान हैं और लगभग 1 हैं (क्रमशः 1.0078, 1.0084) पर इलेक्ट्रॉन का भार नगण्य है (0.00054) अतः साधारण हाइड्रोजन से ड्यूटेरियम का भार लगभग दुगुना होता है क्योंकि ड्यूटेरियम में

हाइड्रोजन के इन तीनों रूपों के परमाणु भार भिन्न होते हैं।





इसका सबसे बड़ा उपयोग परमाणु भट्टियों में है और इसी नाते हर विकासशील राष्ट्र अपने परमाणु कार्यक्रमों के संचालन के लिए भारी पानी प्राप्त करने की चेष्टा करता रहता है। स्वयं की क्षमता न होने पर विदेशों से भी आयात करना पड़ता है।

1 प्रोटॉन और 1 न्यूट्रॉन होता है, जबकि साधारण हाइड्रोजन में कोई न्यूट्रॉन नहीं होता है। अतः इसे भारी हाइड्रोजन (Heavy Hydorgen) भी कहा जाता है। भारी हाइड्रोजन की खोज अमरीकी वैज्ञानिक हेरोल्ड सी. यूरे ने 1931 में की थी और उन्होंने ही इसे ड्यूटेरियम नाम दिया था। यह यूनानी शब्द ड्यूटेनियम पर आधारित है जिसका मतलब 'द्वितीय' होता है।

सामान्य हाइड्रोजन ($_1H^1$) और सामान्य ऑक्सीजन ($_8O^{16}$) के संयोग से जो पानी बनता है, वह तो साधारण पानी (H-O-H) है, जिससे हम भली-भांति परिचित हैं। लेकिन जब भारी हाइड्रोजन (D) और सामान्य ऑक्सीजन का संयोग होता है तो भारी पानी बनता है जिसे हम D_2O (D-O-D) से प्रदर्शित करते हैं। यह बड़ा कीमती पानी है। वस्तुतः प्रकृति में साधारण जल के 6,000 भागों में 1 भाग भारी जल होता है। वैसे तो सारा पानी हमें एक ही तरह का दिखाई पड़ता है पर प्रकृति में पानी कई विभिन्न रूपों में उपलब्ध है, जिन्हें हम इस प्रकार लिखते हैं :

$H\text{-}O^{16}\text{-}H$ $D\text{-}O^{16}\text{-}D$ $H\text{-}O^{16}\text{-}D$
$H\text{-}O^{17}\text{-}H$ $D\text{-}O^{17}\text{-}D$ $H\text{-}O^{17}\text{-}D$
$H\text{-}O^{18}\text{-}H$ $D\text{-}O^{18}\text{-}D$ $H\text{-}O^{18}\text{-}D$

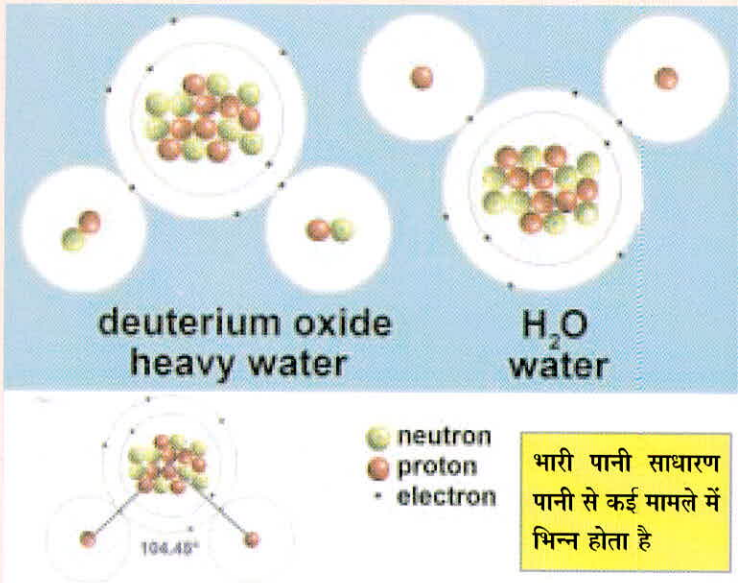
यहां हम केवल भारी पानी की चर्चा करेंगे। हम यह जान चुके हैं कि भारी पानी प्रकृति में बहुत अल्प मात्रा में विद्यमान है। अतः इससे भारी पानी को अलग कर पाना अपने आप में बड़ी जटिल और महंगी प्रक्रिया है। सर्वप्रथम वैज्ञानिक यूरे ने ही भारी जल की खोज (1932) की थी। उन्होंने ही जल के वैद्युत अपघटन से इसे प्राप्त करने की विधि खोज निकाली थी। इस उपकरण का निर्माण यूरे और उनके सहयोगियों - ब्राउन, डगेट ने मिलकर किया था। पांच पदों में होने वाली लंबी प्रक्रिया के अंत में प्राप्त शुद्ध भारी हाइड्रोजन को ऑक्सीजन के साथ जलाकर 100 प्रतिशत भारी जल प्राप्त किया जाता है।

इधर हाल ही में न्यूजीलैंड में साधारण जल के प्रभावी आसवन (fractional distillation) से भी भारी पानी प्राप्त करने की विधि खोजी गई है, जो कदाचित सस्ती होगी।

विलक्षण है भारी पानी

भारी पानी साधारण पानी से यह कई मामले में भिन्न होता है। यथाः

- साधारण पानी 100°C पर उबलता है और 0°C पर बर्फ बन जाता है जबकि भारी पानी 101.42°C पर उबलता है और 3.802°C पर जमता है।
- साधारण पानी का आपेक्षिक घनत्व (Relative Density) प्रायः (20°C पर) 0.9982 होता है तथा भारी पानी का आपेक्षिक घनत्व 1.1050 होता है।
- साधारण पानी की विशिष्ट ऊष्मा (Specific Heat) 1.00 होती है (20°C पर) जबकि भारी पानी की 1.018 होती है।
- भारी पानी का जीवों के शरीर पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। जलीय पौधों और जीवों के शरीर के विकास में भारी पानी बाधक है।
- शुद्ध भारी पानी में मछलियां आदि छोड़ दी जाएं तो वे तत्काल मर जाती हैं।
- भारी पानी में बीजों का अंकुरण असंभव है।



भारी पानी साधारण पानी से कई मामले में भिन्न होता है

सर्वप्रथम वैज्ञानिक यूरे ने ही भारी जल की खोज (1932) की थी। उन्होंने ही जल के वैद्युत अपघटन से इसे प्राप्त करने की विधि खोज निकाली थी। इस उपकरण का निर्माण यूरे और उनके सहयोगियों - ब्राउन, डगेट ने मिलकर किया था। पांच पदों में होने वाली लंबी प्रक्रिया के अंत में प्राप्त शुद्ध भारी हाइड्रोजन को ऑक्सीजन के साथ जलाकर 100 प्रतिशत भारी जल प्राप्त किया जाता है।

- साधारण पानी जहां हमारे लिए अमृत तुल्य है, वहीं भारी पानी अधिक मात्रा में विषकारी है। अलबत्ता इसका तनु विलयन उतना हानिकारक नहीं होता है।

भारी जल के भौतिक गुणधर्म तालिका 1 में दिए गए हैं।

भारी पानी के उपयोग

अब प्रश्न उठता है कि भारी पानी आखिर किस काम आता है, जो इसको प्राप्त करने के लिए इतनी जटिल क्रियाएं संपन्न की जाती हैं। इसका सबसे बड़ा उपयोग परमाणु भट्टियों में है और इसी नाते हर विकासशील राष्ट्र अपने परमाणु कार्यक्रमों के संचालन के लिए भारी पानी प्राप्त करने की चेष्टा करता रहता है। स्वयं की क्षमता न होने पर विदेशों से भी आयात करना पड़ता है। हम जानते हैं कि परमाणु बिजलीघरों में यूरेनियम अथवा प्लूटोनियम सरीखे ईंधनों को न्यूट्रॉनों द्वारा तोड़कर अपार शक्ति जनित की जाती है जिससे बिजली बनायी जाती है। परमाणु भट्टियों में विखंडन क्रिया के दौरान एक न्यूट्रॉन जब यूरेनियम के किसी नाभिक को तोड़ता है तो उससे 2-3 न्यूट्रॉन और निकलते हैं, जो अन्य नाभिकों को तोड़ते हैं, साथ ही ऊर्जा भी उत्पन्न होती है। वे न्यूट्रॉन काफी तीव्र गति वाले होते हैं। इन्हें मंद करने पर ही ये अन्य यूरेनियम नाभिकों को तोड़ सकते हैं।

तालिका : 1 भारी जल के भौतिक गुणधर्म

	D_2O	H_2O
त्रिक बिंदु	3.8	4
अधिकतम घनत्व ताप	11.6°C	4°C
पृष्ठ तनाव	67.8	72.75
श्यानता	12.60	10.09
अपवर्तनांक	1.32828	1.3300
हिमांक	3.82°C	0.00°C
क्वथनांक	101.42°C	100°C
क्रान्तिक ताप	371.5	374.0
क्रान्तिक दाब	218.6	217.7
विद्युत चालकता		
पोटैशियम आयन	64.2	54.5
फ्लोरीन आयन	65.2	55.3
हाइड्रोजन आयन	315.2	213.7
विलेयता		
सोडियम क्लोराइड	0.359	0.306
बेरियम क्लोराइड	0.357	0.289
क्रान्तिक विलयन ताप		
फीनोल	70.1°C	68.3°C

भारी जल संयंत्र (कोटा)

भारी जल संयंत्र (हज़ीरा)

सन् 1942 में एनरिको फर्मी ने शिकागो विश्वविद्यालय में विश्व की जो पहली परमाणु भट्ठी बनायी थी, उसमें न्यूट्रॉनों की गति को धीमा करने के लिए मंदक (Moderator) के रूप में उन्होंने ग्रेफाइट की छड़ों का इस्तेमाल किया था। आगे ज्ञात हुआ कि साधारण पानी, भारी पानी अथवा बेरीलियम भी मंदक का काम कर सकते हैं और भारी पानी एक उत्कृष्ट मंदक के रूप में काफी उपयोगी सिद्ध हुआ, तभी से भारी पानी की मांग और कीमत बढ़ गई। इसीलिए भारी पानी को पाने की होड़ लगी रहती है।

परमाणु भट्टियों में यूरेनियम का विशेष महत्व है। प्रकृति में यूरेनियम के विभिन्न रूपों की प्रतिशत मात्रा इस प्रकार है :

यूरेनियम - 238.....99.3 प्रतिशत

यूरेनियम - 235.....0.7 प्रतिशत

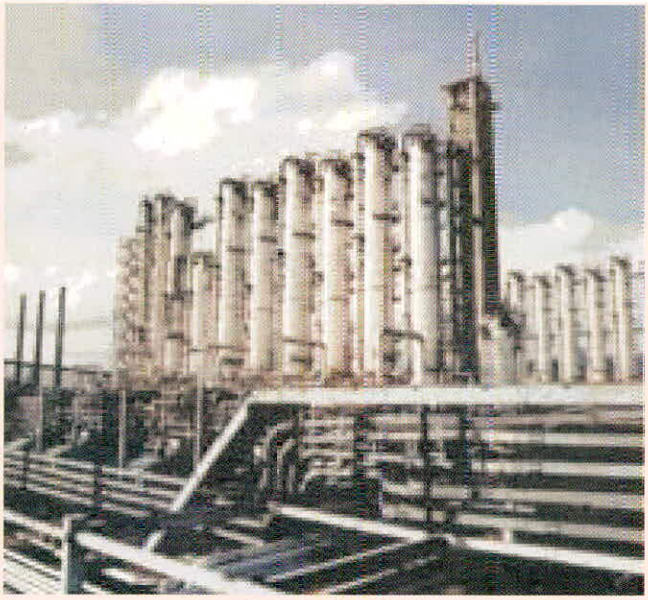
यूरेनियम - 233.....0.008 प्रतिशत

प्रयोग यह दर्शाते हैं कि यूरेनियम-238 के परमाणुओं के नाभिक को विखंडित करने के लिए अधिक ऊर्जावान न्यूट्रॉनों की आवश्यकता होती है। पर यूरेनियम-235 के नाभिकों का विखंडन कम ऊर्जा वाले न्यूट्रॉन भी कर सकते हैं और साथ ही इस विखंडन से अधिक ऊर्जा भी उत्सर्जित होती है।

आजकल परमाणु भट्ठियों में प्रायः प्राकृतिक या उन्नयित (enriched) यूरेनियम, जिसमें यूरेनियम-235 की मात्रा अधिक होती है, को ही ईंधन के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। मंदक के रूप में भारी पानी के इस्तेमाल का फायदा यह है कि इसका उपयोग करने पर उन्नयित यूरेनियम की आवश्यकता नहीं होती है अपितु यूरेनियम ऑक्साइड के जरिए ही ऊर्जा उत्पादन किया जा सकता है। यूरेनियम का संवर्धन वैसे भी जटिल और घातक प्रक्रिया है, अतः भारी पानी के इस्तेमाल से ऊर्जा उत्पादन की प्रक्रिया आसान और कम खर्चीली हो जाती है तथा विकिरणशीलता क्षति भी कुछ कम हो जाती है।

भारी पानी पर आधारित परमाणु भट्ठी पहले कनाडा में बनाई गयी थी, फिर अन्य देशों में। भारत में 20 परमाणु रिएक्टर कार्यरत हैं। इनमें से आरंभिक 2 रिएक्टर बायलिंग रिएक्टर हैं जबकि शेष 18 रिएक्टर दाबित भारी पानी रिएक्टर हैं और ये कुल मिलाकर 4780 मेगावाट विद्युत उत्पन्न करते हैं।

दाबित भारी पानी किस्म के रिएक्टरों में मंदक (Moderator) तथा शीतक (Coolant) के रूप में भारी पानी प्रयुक्त होता है। भारी पानी के निर्माण की दिशा में भारत ने पर्याप्त सफलता अर्जित की है।



भारी जल संयंत्र (मनुगुरू)

विद्युत अपघटन और हाइड्रोजन के आसवन की प्रक्रिया पर आधारित भारत का प्रथम भारी पानी संयंत्र 1961 में नांगल (पंजाब) में स्थापित किया गया था, जिसकी आधारशिला भारत में परमाणु कार्यक्रम के जनक डॉ. होमी भाभा ने 1955 में रखी थी। 1962 से कार्यरत यह संयंत्र अब बंद किया जा चुका है।

इस संयंत्र के बाद वडोदरा (गुजरात), हजीरा (गुजरात), तलचर (उड़ीसा) और तूतीकोरिन (तमिलनाडु) में अमोनिया-हाइड्रोजन विनिमय प्रक्रिया पर आधारित भारी पानी संयंत्रों (Heavy Water Plants) की स्थापना की गई। भारतीय विशेषज्ञों की देख-रेख में डिजाइन्ड और निर्मित एक भारी संयंत्र कोटा (राजस्थान) में स्थापित किया गया है। यह हाइड्रोजन सल्फाइड और जल विनिमय की स्वदेशी टेक्नोलॉजी पर आधारित संयंत्र है।

देश में भारी संयंत्रों के निर्माण और उनके संचालन का दायित्व परमाणु ऊर्जा विभाग के हैवी वाटर बोर्ड को है। बोर्ड द्वारा देश में स्थापित 7 भारी पानी संयंत्र परमाणु विद्युत जनन और अनुसंधान रिएक्टरों की भारी पानी संबंधी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए सक्षम ही नहीं है अपितु इनकी बदौलत अब देश भारी पानी के उत्पादन में आत्मनिर्भर भी हो चुका है।

शीघ्र ही अमोनिया-हाइड्रोजन विनिमय प्रक्रिया पर आधारित एक संयंत्र थाल वैशट (महाराष्ट्र) में स्थापित किया गया। इसी प्रकार हाइड्रोजन-सल्फाइड विनिमय प्रक्रिया पर आधारित एक भारी पानी संयंत्र की स्थापना मनुगुरू (आंध्रप्रदेश) में की गई।

देश में भारी संयंत्रों के निर्माण और उनके संचालन का दायित्व परमाणु ऊर्जा विभाग के हैवी वाटर बोर्ड को है। बोर्ड द्वारा देश में स्थापित 7 भारी पानी संयंत्र परमाणु विद्युत जनन और अनुसंधान रिएक्टरों की भारी पानी संबंधी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए सक्षम ही नहीं है अपितु इनकी बदौलत अब देश भारी पानी के उत्पादन में आत्मनिर्भर भी हो चुका है।

उल्लेखनीय है कि भारी पानी का ग्रेड उच्च करने की पद्धति का विकास भारतीय विशेषज्ञों ने कर लिया है और ऐसे दो संयंत्र कोटा और कलपक्कम में स्थापित किए जा चुके हैं जो सफलतापूर्वक कार्य कर रहे हैं।

भारत अब विश्व का सबसे बड़ा भारी पानी उत्पादक राष्ट्र है। भारी पानी बोर्ड ने दक्षिण कोरिया, चीन और अमरीका जैसे देशों को भारी पानी का सफलतापूर्वक निर्यात किया है।

संपर्क करें :

शुकदेव प्रसाद, (सोवियत भूमि नेहरू पुरस्कार विजेता),
135/27 - सी, छोटा बघाड़ा (एनी बेसेंट स्कूल के पीछे), इलाहाबाद-211002
[मो. : 09415347027;
ई-मेल : Sdprasad24oct@yahoo.com]

पहेली : भारत की नदियाँ

ब्र	ह्म	पु	त्र	न	नी	रा	
ता	ल	ब	चं	सो	लू	अ	वी
झे	पी	स्ता	ना	स	त	ल	ज
गो	म	ती	मु	चे	मा	क	कृ
दा	र्म	न	य	भी	का	नं	ष्ण
व	तुं	ग	भ	द्रा	ली	दा	
री	गा	भा	गी	र	थी	ब्या	स
गं	ड	क	ल	दी	न	हा	म

उत्तर

1. ब्रह्मपुत्र	9. नर्मदा	17. कृष्णा
2. झेलम	10. तुंगभद्रा	18. सतलज
3. तापी	11. भागीरथी	19. ब्यास
4. गोदावरी	12. महानदी	20. गंगा
5. गंडक	13. काली	21. चंबल
6. चेनाब	14. रावी	22. यमुना
7. तीस्ता	15. लूनी	23. सोन
8. गोमती	16. अलकनंदा	24. भीमा