3 પૃથ્વીની આંતરિક સંરચના

પૃથ્વી સૌરમંડળનો સજીવસૃષ્ટિ ધરાવતો ગ્રહ છે. પૃથ્વી તેની ઉત્પત્તિ વખતે ગરમ વાયુમય ગોળા સ્વરૂપે હતી. કાળક્રમે એનાં દ્રવ્યો ઠરતાં ગયાં અને બહારના તેમજ અંદરના ભાગમાં વિવિધ આવરણો બંધાતાં ગયાં. સૌપ્રથમ પૃથ્વીની ઉપરની સપાટીનો ભાગ ઠંડો પડતો ગયો, ઠરતો ગયો અને તે ઘન પોપડામાં ફેરવાયો. પૃથ્વીસપાટીનું આ ઘન આવરણ **ભૂકવચ** તરીકે ઓળખાય છે. પૃથ્વીની ઉત્પત્તિની જેમ પૃથ્વીના પેટાળની રચનાના રહસ્યને પણ માનવી હજી સુધી સંપૂર્ણપણે જાણી શક્યો નથી. પૃથ્વીના પેટાળનું જ્ઞાન પ્રત્યક્ષ રીતે મેળવવું આપણા માટે સંભવિત નથી, કારણ કે તેનું પેટાળ અત્યંત ગરમ છે. પૃથ્વીનો આંતરિક ભાગ કઈ અવસ્થામાં છે ? પૃથ્વી એકાએક કેમ કંપી ઊઠે છે ? જ્વાળામુખી શા માટે અત્યંત ગરમ પદાર્થો અને ભૂદ્રવ્યો બહાર ફેંકે છે ? ત્સુનામી લહેરો શા માટે પેદા થાય છે ? શું આ બધી ઘટનાઓ પૃથ્વીની આંતરિક સંરચના સાથે સંબંધ ધરાવે છે ? તો આવો ! આપણે પૃથ્વીના આંતરિક રહસ્યોને જાણીએ.

ભૂગર્ભની જાણકારીના સ્રોત (Sources of the Information about the Interior)

પૃથ્વીસપાટીથી પૃથ્વીનું કેન્દ્ર લગભગ 6370 કિમી ઊંડે છે. પૃથ્વીના કેન્દ્ર સુધી પહોંચી તેના આંતરિક સ્વરૂપને નિહાળવું શક્ય નથી. પૃથ્વીના આંતરિક સ્વરૂપનું રહસ્ય પામવાનું ઍક્સ-રે જેવું યંત્ર પણ આપણી પાસે નથી. પૃથ્વીના કેન્દ્ર પ્રદેશના પદાર્થોના નમૂના લાવવા પણ શક્ય નથી. અતઃ પૃથ્વીનો આંતરિક ભાગ દૃશ્યમાન ન હોવાના કારણે ભૂગર્ભ વિશે આપણું જ્ઞાન ખૂબ જ સીમિત છે. પૃથ્વીના આંતરિક ભાગો વિશેની જે કોઈ માહિતી પ્રાપ્ત થઈ છે તે બધી જ પરોક્ષપણે અને અનુમાન પર આધારિત છે. તેમ છતાં આ જાણકારીનો કેટલોક ભાગ પ્રત્યક્ષ નિરીક્ષણ અને ભૂગર્ભના પદાર્થોના વિશ્લેષણ પણ આધારિત છે.

(1) પ્રત્યક્ષ સ્રોત (Direct Sources) : ભૂ-ગર્ભ વિશે પ્રત્યક્ષ જાણકારી મેળવવાના બે સ્રોત છે : (1) ઊંડી ખાણો તથા ખનીજ તેલ મેળવવા કરેલા ઊંડા શાર. (2) જ્વાળામુખી પ્રસ્ફોટન સમયે ભૂગર્ભમાંથી બહાર આવતા પદાર્થો. વિશ્વની ઊંડામાં ઊંડી ખાણ દક્ષિણ આફ્રિકાની રોબિન્સન ખાણ છે. આ સોનાની ખાણ લગભગ 4 કિમી ઊંડાઈ ધરાવે છે. ખનીજ તેલ શોધવા માટે ખોદવામાં આવેલા કૂવાની ઊંડાઈ 8 કિમીથી વધુ નથી. આર્ક્ટિક મહાસાગરમાં કોલા (Kola) ક્ષેત્રમાં 12 કિમી ઊંડાઈ સુધી શારકામ થઈ શક્યું છે. 6370 કિમીની ત્રિજ્યા ધરાવતી પૃથ્વીમાં માણસનો ભૂગર્ભ તરફનો પેટાળ-પ્રવેશ ભૂગર્ભ વિશેની વીગતે માહિતી ન આપી શકે તે સમજી શકાય તેમ છે.

ભૂ-ગર્ભની પ્રત્યક્ષ જાણકારી માટેનો બીજો પ્રત્યક્ષ સ્રોત જ્વાળામુખીનું પ્રસ્ફોટન છે. પ્રસ્ફોટન સમયે નીકળતો લાવારસ પ્રયોગશાળાના સંશોધન-કાર્ય માટે પ્રાપ્ત થાય છે. છતાં એ વાતની જાણકારી મળતી નથી કે મૅગ્મા કેટલી ઊંડાઈથી બહાર આવ્યો છે.

(2) પરોક્ષ સ્રોત (Indirect Sources) : ભૂગર્ભમાંથી મળતા પદાર્થોના ગુણધર્મોના વિશ્લેષણથી પૃથ્વીની આંતરિક સંરચના સંબંધિત પરોક્ષ જાણકારી મળે છે. મુખ્ય પરોક્ષ સ્રોત અને તેમની સાબિતીઓ આ પ્રમાણે છે :

(1) ઘનતા (Density) પર આધારિત સાબિતીઓ

(2) દબાણ (Pressure) પર આધારિત સાબિતીઓ

(3) તાપમાન (Temperature) પર આધારિત સાબિતીઓ

(4) ઉલ્કાઓ (Meteorites) પર આધારિત સાબિતીઓ

(5) ગુરુત્વાકર્ષણ (Gravitation) પર આધારિત સાબિતીઓ

(6) ચુંબકીય સર્વેક્ષણો (Magnetic Surveys) પર આધારિત સાબિતીઓ

(7) ભૂકંપીય તરંગો (Seismic activities) પર આધારિત સાબિતીઓ

(1) ઘનતા : પૃથ્વીની સરેરાશ ઘનતા 5.5 / ગ્રામ / ઘન સેમી છે. પૃથ્વીની ઉપરની સપાટીના ખડકોની ઘનતા 2.7 ગ્રામ / ઘન સેમી છે. જ્યારે મૃદાવરણ નીચે આવેલા આગ્નેય ખડકોની ઘનતા 3.0થી 3.5 ગ્રામ / ઘન સેમી છે. તેથી સાબિત થાય છે કે, પૃથ્વીના અંદરના ભાગોની ઘનતા ઉપરના ભાગોની ઘનતાથી વધારે હોવી જોઈએ. પૃથ્વીના અંદરના ભાગોની ઘનતા આશરે 11થી 12 ગ્રામ / ઘન સેમી છે. પૃથ્વીની ઘનતા 1774માં પહેલી વાર માપવામાં આવી હતી. ઘનતા માપવાનો આધાર ન્યૂટનનો ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત છે.

(2) દબાણ : પૃથ્વીના ઉપરના સ્તરો નીચેના સ્તરો પર દબાણ કરે છે. જેથી પૃથ્વીના કેન્દ્ર તરફ જઈએ તેમ દબાણ વધવાના કારણે તેની ઘનતાનું પ્રમાણ વધે છે.

(3) તાપમાન : સામાન્ય રીતે પ્રત્યેક 32 મીટરની ઊંડાઈએ તાપમાન 1° સે વધે છે. આ દરે પૃથ્વીના કેન્દ્રીય ભાગનું તાપમાન $10,000^{o}$ સેથી પણ વધારે હોવાનો અંદાજ છે. જ્વાળામુખીના પ્રસ્ફોટન દરમિયાન નીકળતા ગરમ વાયુઓ અને ગરમ પ્રવાહી લાવા, ગરમ પાણીના ઝરા અને ફુવારા, પાણીની વરાળ વગેરે બાબતો સૂચવે છે કે ભૂ-ગર્ભમાં રહેલા પદાર્થો પ્રવાહી તથા વાયુ સ્વરૂપે છે.

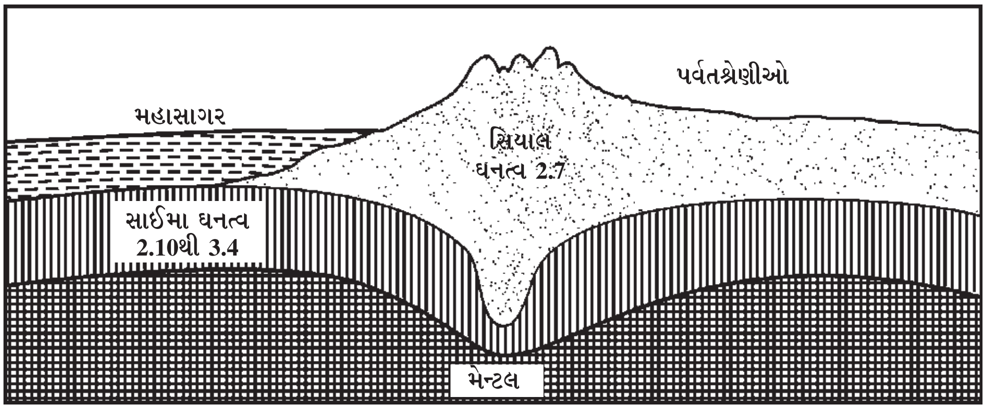
(4) ઉલ્કાઓ : અંતરિક્ષમાંથી પૃથ્વી પર તૂટી પડતી ઉલ્કાઓથી ભૂગર્ભ વિશે જાણવા માટે સહાયતા મળે છે. ઉલ્કાઓમાંથી લોખંડ અને નિકલ જેવી ભારે ધાતુઓ પ્રાપ્ત થાય છે. તેથી સાબિત થાય છે કે, પૃથ્વીના કેન્દ્રીય ભાગમાં ભારે ધાતુઓ હશે જ. પૃથ્વી પણ ઉલ્કાઓની જેમ સૌર પરિવારની સભ્ય છે.

(5) ગુરુત્વાકર્ષણ : પૃથ્વીસપાટીના અલગ અલગ ભાગો પર ગુરુત્વાકર્ષણ બળ અલગ અલગ અનુભવાય છે. ધ્રુવોથી પૃથ્વીનું કેન્દ્ર પ્રમાણમાં નજીક હોવાથી ધ્રુવો પર ગુરુત્વાકર્ષણ બળનું પ્રમાણ વિષુવવૃત્ત કરતાં વધુ છે. વિષુવવૃત્તથી પૃથ્વીનું કેન્દ્ર દૂર હોવાથી અહીં ગુરુત્વાકર્ષણ બળ ધ્રુવો કરતાં એકંદરે ઓછું લાગે છે. પૃથ્વીના આંતરિક ભાગમાં ભૂ-પદાર્થોના અસમાન વિતરણના કારણે પણ ગુરુત્વાકર્ષણ બળમાં તફાવત સર્જાય છે. આમ, પૃથ્વીની આંતરિક રચનાની સમજ પ્રાપ્ત થાય છે.

(6) ચુંબકીય સર્વેક્ષણો : ચુંબકીય સર્વેક્ષણોથી સાબિત થયું છે કે પૃથ્વીના આંતરિક ભાગમાં ભૂ-પદાર્થોનું વિતરણ અસમાન છે.

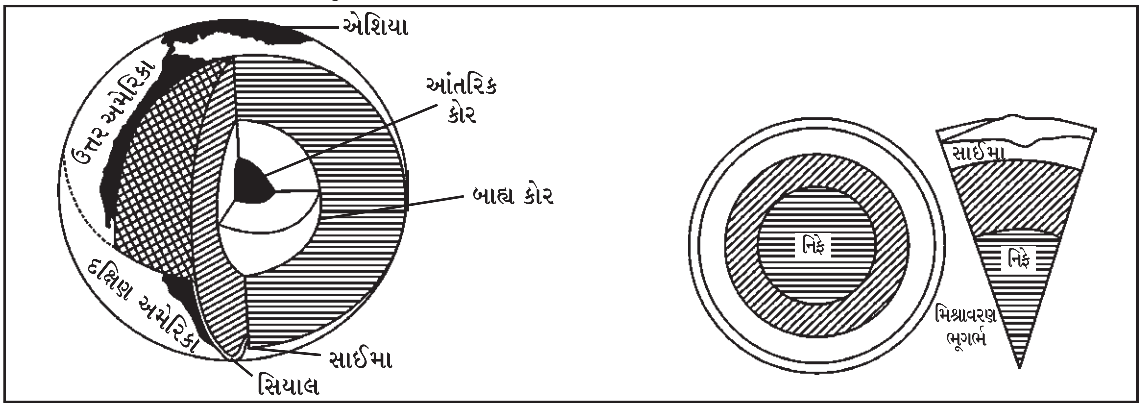
(7) ભૂકંપીય મોજાં : ભૂકંપ આલેખક (Seismograph) દ્વારા ત્રણ પ્રકારનાં ભૂકંપ મોજાંની નોંધ થાય છે : (1) પ્રાથમિક મોજાં (P-Waves) (2) દ્વિતીયક મોજાં (S-Waves) અને (3) પૃષ્ઠીય મોજાં (L-Waves). આ મોજાંઓના માપનની નોંધના અભ્યાસના આધારે વૈજ્ઞાનિકોએ પૃથ્વીના આંતરિક ભાગ વિશે કેટલીક માહિતી પ્રાપ્ત કરી છે. આ માહિતીના આધારે પૃથ્વીસપાટીથી તેના કેન્દ્ર સુધીના ત્રણ ભાગ પાડ્યા છે : (1) મૃદાવરણ (2) મિશ્રાવરણ (Mantle) અને (3) ભૂ-ગર્ભ. ભૂ-ગર્ભના બે પેટા વિભાગ પાડ્યા છે : (1) બાહ્ય ભૂ-ગર્ભ અને (2) આંતરિક ભૂ-ગર્ભ.

(1) મૃદાવરણ (Lithosphere) : આ આવરણ પૃથ્વીસપાટીનું ઉપરનું આવરણ છે, જે માટીના સ્તરો કે ખડક સ્તરોનું બનેલું છે. તેને મૃદાવરણ કે ભૂકવચ પણ કહે છે. પૃથ્વીનો આ પોપડો આશરે સરેરાશ 33 કિમીની જાડાઈ ધરાવે છે. ભૂમિખંડોની નીચે તેની જાડાઈ 30 કિમી સુધી અને મહાસાગરોની નીચે તેની જાડાઈ 5 કિમી છે. મુખ્ય પર્વતીય ક્ષેત્રોમાં તેની જાડાઈ ખૂબ વધારે છે. હિમાલય પર્વતશ્રેણી નીચે તેની જાડાઈ આશરે 70 કિમી છે. પૃથ્વીસપાટીની નજીકના ભાગમાં પ્રસ્તર ખડકોનું પાતળું સ્તર છે. આ સ્તરના નીચેના વિસ્તારના બે પેટા વિભાગ પડે છે : (1) ભૂકવચ (Sial) અને (2) ભૂરસ (Sima). સિયાલ સ્તર ગ્રેનાઈટ ખડકોનો બનેલો છે. તેમાં સિલિકા (Silica) અને ઍલ્યુમિનિયમ (Alluminium) (Si + AL = Sial) વધુ માત્રામાં પ્રાપ્ત થાય છે. આ સ્તરની સરેરાશ ઘનતા 2.75થી 2.90 ગ્રામ/ઘન સેમીની છે. ભૂમિખંડોની રચના સિયાલથી થયેલી મનાય છે.



3.1 પૃથ્વીની આંતરિક રચના

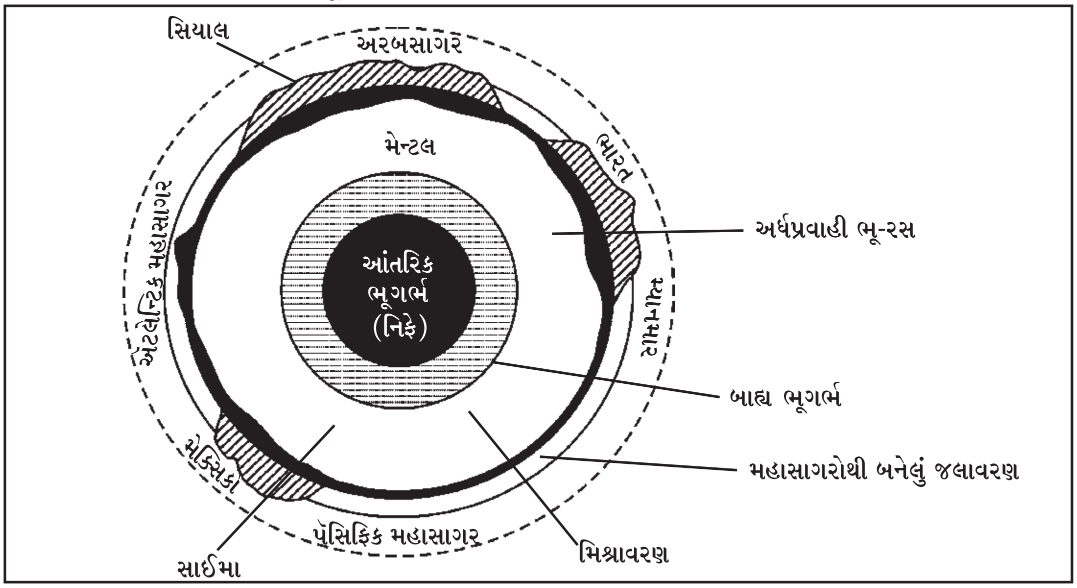
સિયાલની નીચે આવેલા સ્તરમાં સિલિકા અને મૅગ્નેશિયમ (Magnesium)નાં તત્ત્વો વિશેષ છે. તેથી Silica અને Magnesiumના પ્રથમ બે-બે અક્ષરો, Si અને Ma પરથી આ સ્તર **સાઈમા (Sima)** તરીકે ઓળખાય છે. તે બેસાલ્ટ ખડકોનું બનેલું છે. એમાં ખડકોની ઘનતા આશરે 2.9થી 4.7 ગ્રામ/ઘન સેમી છે. આ સ્તરની ઊંડાઈ આશરે 1000 કિમી છે. સિયાલ અને સાઈમાના સ્તરો માનવ તથા પ્રકૃતિનાં કાર્યક્ષેત્ર ગણાય છે, જે જીવસૃષ્ટિ માટે ખૂબ જ અગત્યનાં છે.



3.2 પૃથ્વીની આંતરિક રચના

ભૂમિખંડોમાં સાઈમાના આવરણ ઉપર સિયાલનું આવરણ સ્પષ્ટ જોવા મળે છે, પરંતુ સમુદ્રો અને મહાસાગરોના ઊંડા ભાગોમાં સાઈમાનું સ્તર તળિયાની સપાટીએ આવેલું છે. મહારાષ્ટ્રમાં મુંબઈ નજીક આવેલા માથેરાનમાં લાવાના થર જોવા મળે છે. આ લાવા જ્વાળામુખીના પ્રસ્ફોટન દરમિયાન બહાર સપાટી પર ફેલાઈ જવાથી અસ્તિત્વમાં આવેલા છે. ગિરનાર ઉપર બેસાલ્ટ અને ગ્રેનાઇટના ઘણા બધા ખડકો જોવા મળે છે.

(2) મિશ્રાવરણ (મૅન્ટલ) : મૃદાવરણની નીચે આવેલા આ આવરણની જાડાઈ 2900 કિમી છે. તે મિશ્ર ખનીજ દ્રવ્યોનું બનેલું હોવાથી તેને મિશ્રાવરણ કહે છે. મૅન્ટલની શરૂઆતનું પડ 'ઍસ્થેનોસ્ફિયર' (Asthenosphere) કહેવાય છે. તેની જાડાઈ આશરે 700 કિમી છે. આ સ્તરમાં લગભગ 3.5 ઘનતા ધરાવતા બેસાલ્ટ ખડકો વધુ પ્રમાણમાં છે. અહીં પદાર્થો મૅગ્મા સ્વરૂપમાં છે. આ ઍસ્થેનોસ્ફિયર ઉપર ભૂકવચ તરે છે.



3.3 પૃથ્વીની આંતરિક રચના

(3) ભૂગર્ભ (Core) : મૅન્ટલથી પૃથ્વીના કેન્દ્ર સુધીનો વિસ્તાર ભૂ-ગર્ભ તરીકે ઓળખાય છે. ભૂ-ગર્ભનો વિસ્તાર આશરે 2900 કિમીની ઊંડાઈથી લઈ પૃથ્વીના કેન્દ્ર (6370 કિમી) સુધી છે. આ સ્તરમાં નિકલ અને લોહ ખનીજ દ્રવ્યો મુખ્ય છે. આ સ્તરના બે ઉપવિભાગ છે : (1) આંતરિક ભૂગર્ભ અને (2) બાહ્ય ભૂગર્ભ. બાહ્ય ભૂગર્ભ ઘણું કરીને તરલ અને અર્ધ તરલ અવસ્થામાં છે. જેની ઘનતા આશરે 5 છે. આંતરિક ભૂગર્ભને **નિફે (Nife)** કહેવામાં આવે છે. અહીંની ઘનતા લગભગ 13 ગ્રામ / ઘન સેમી છે, જે અતિ દબાણ સૂચવે છે. પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ, ચુંબકીય બળ અને તેનો સ્થિરતા (Rigidity)નો ગુણ આ ધાતુપિંડ અથવા ભૂ-ગર્ભ (Core)ને આભારી છે.

સ્વાધ્યાય

1. નીચેના પ્રશ્નોના સવિસ્તર જવાબ લખો :

(1) પૃથ્વીની આંતરિક રચના અને તેના વિભાગો જણાવી મૃદાવરણ સમજાવો.

(2) પૃથ્વીની આંતરિક સ્થિતિ જાણવાના પરોક્ષ સ્રોત વર્ણવો.

(3) ભૂ-ગર્ભની જાણકારીના સ્રોત કેટલા પ્રકારના છે ? પ્રત્યક્ષ સ્રોતની માહિતી આપો.

2. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

(1) 'સિયાલ' - એટલે શું ?

(2) મિશ્રાવરણ (મેન્ટલ) વિશે ટૂંકી નોંધ લખો.

(3) 'ભૂ-ગર્ભ (Core)' - ટૂંક નોંધ તૈયાર કરો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના સંક્ષિપ્તમાં ઉત્તર લખો :

(1) પૃથ્વીની આંતરિક રચના અનુસાર કેટલા વિભાગ પડે છે ?

(2) સાઈમા સ્તરમાં કયાં ખનીજ તત્ત્વો આવેલાં છે ?

4. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર એક-બે વાક્યમાં આપો :

(1) પૃથ્વીસપાટીનું ઘન આવરણ કયા નામે પણ ઓળખાય છે ?

(2) પૃથ્વીસપાટીથી પૃથ્વીનું કેન્દ્ર કેટલા કિમી ઊંડું છે ?

(3) વિશ્વની ઊંડામાં ઊંડી ખાણ કઈ છે ? તે કયા ખંડમાં આવેલી છે ?

(4) ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત કોણે આપ્યો છે ?

(5) મૃદાવરણની સરેરાશ જાડાઈ કેટલા કિમીની છે ?

5. નીચેના પ્રશ્નો માટે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરી ઉત્તર લખો :

(1) પૃથ્વીનું ભૂ-ગર્ભ કયા નામે ઓળખાય છે ?

(a) સાઈમા (b) સિયાલ (c) નિફે (d) મૅન્ટલ

(2) ભૂ-ગર્ભ (Core)માં કયાં ખનીજ તત્ત્વો મુખ્ય છે ?

(a) નિકલ અને લોહ (b) સિલિકા અને લોહ

(c) સિલિકા અને મૅગ્નેશિયમ (d) ઍલ્યુમિનિયમ અને લોહ

(3) સિયાલ સ્તરમાં કયા પ્રકારના ખડકો છે ?

(a) બેસાલ્ટ (b) ગ્રેનાઈટ (c) લાવાના ખડકો (d) પ્રસ્તર

(4) 'રોબિન્સન' - સોનાની ખાણ કયા દેશમાં છે ?

(a) યુ.એસ.એ. (b) રશિયા (c) દક્ષિણ આફ્રિકા (d) દક્ષિણ કોરિયા