પ્રકરણ 8

ગુરુત્વાકર્ષણ

• બહુવિકલ્પ પ્રશ્નો (MCQ I)

નીચેના પ્રશ્નોમાં એક જ વિકલ્પ સાચો છે :

8.1 પૃથ્વી લગભગ ગોળાકાર છે. જો તેની અંદરના ભાગમાં રહેલું દ્રવ્ય બધાં જ સ્થાનોએ સમાન ઘનતા ધરાવતું ન હોય, તો પૃથ્વીની સપાટી પર ગુરુત્વપ્રવેગ

(a) કેન્દ્ર તરફની દિશામાં હશે, પરંતુ બધાં સ્થાનોએ સમાન મૂલ્યનું નહિ હોય.

(b) બધાં સ્થાનોએ સમાન મૂલ્યનું પરંતુ કેન્દ્ર તરફની દિશામાં નહિ હોય.

(c) બધાં સ્થાનોએ સમાન માનાંક ધરાવતો (પૃથ્વીના) કેન્દ્ર તરફની દિશામાં હશે.

(d) કોઈ પણ બિંદુએ શૂન્ય નહિ હોય.

8.2 પૃથ્વી પરથી અવલોકન કરતાં, સૂર્ય લગભગ વર્તુળાકાર કક્ષામાં ગતિ કરતો દેખાય છે. બુધ જેવા અન્ય ગ્રહોની ગતિ માટે પૃથ્વી પરથી અવલોકન કરતાં, આ બાબત

(a) સમાન રીતે સાચી હશે.

(b) સાચી નહિ હોય કારણ કે, પૃથ્વી અને બુધ વચ્ચેનું બળ વ્યસ્ત વર્ગના નિયમ અનુસાર નથી.

(c) સાચી નહિ હોય કારણ કે, બુધ પર મુખ્ય (મોટું) ગુરુત્વાકર્ષણ બળ સૂર્યનું હશે.
(d) સાચી નહિ હોય કારણ કે, બુધ એ ગુરુત્વાકર્ષણ બળો સિવાય અન્ય બળોથી પણ પ્રભાવિત છે.

8.3 પૃથ્વીની અંદર રહેલાં જુદાં-જુદાં બિંદુઓ સૂર્યથી સહેજ જુદાં-જુદાં અંતરે રહેલાં છે અને તેથી તેઓ જુદું-જુદું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ અનુભવે છે. દૃઢ પદાર્થ માટે આપણે જાણીએ છીએ કે, તેમાં રહેલાં જુદાં-જુદાં બિંદુઓ જો જુદું-જુદું બળ અનુભવતાં હોય, તો દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પર લાગતા પરિણામી બળની અસર હેઠળ સ્થળાંતરિત ગતિ અને દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર પર લાગતા પરિણામી ટૉર્કની અસર હેઠળ, દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષને અનુલક્ષીને ભ્રમણ ગતિએ પરિણામી ગતિ થશે. પૃથ્વી-સૂર્યથી બનેલા તંત્ર માટે (પૃથ્વીને નિયમિત ઘનતા ધરાવતા ગોળા તરીકે લેતાં),
(a) ટૉર્ક શૂન્ય હશે.
(b) ટૉર્કને કારણે પૃથ્વીની ભ્રમણગતિ થશે.
(c) દૃઢ પદાર્થ માટેનાં પરિણામો લાગુ પડશે નહિ, કેમકે પૃથ્વી એ લગભગ દૃઢ પદાર્થ નથી.
(d) ટૉર્કને કારણે પૃથ્વી સૂર્યની આસપાસ ભ્રમણગતિ કરે છે.

8.4 સેટેલાઇટ (ઉપગ્રહો)ને પૃથ્વીની આસપાસ ભ્રમણ કરી રહેલા ઉપગ્રહોનું આયુષ્ય નિશ્ચિત હોય છે અને કેટલીક વખત સેટેલાઇટ (ઉપગ્રહો)નો ભંગાર (કચરો) પૃથ્વી પર પડે છે. આ માટે કારણભૂત,
(a) સેટેલાઇટના સોલાર સેલ અને બૅટરી કાર્ય કરતાં બંધ થઈ જાય છે.
(b) ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ અંદર તરફના હેલિકલ ગતિપથની આગાહી કરે છે.
(c) શ્યાનતા બળ સેટેલાઇટની ઝડપ પર અસર કરે છે અને તેથી ઊંચાઈ ધીમે-ધીમે ઘટે છે.
(d) અન્ય સેટેલાઇટો સાથેની અથડામણો છે.

8.5 પૃથ્વી અને ચંદ્ર બંને પર સૂર્યના લીધે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ લાગે છે. સૂર્ય પરથી અવલોકન કરતાં, ચંદ્રની ભ્રમણકક્ષા,
(a) ઉપવલયાકાર હોઈ શકે.
(b) સંપૂર્ણ રીતે ઉપવલયાકાર ન પણ હોઈ શકે કારણ કે કુલ ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કેન્દ્રીય નથી.
(c) ઉપવલયાકાર નહિ હોય, પરંતુ બંધ વક્ર હોવી જરૂરી છે.
(d) પૃથ્વી સિવાયના ગ્રહોના પ્રભાવને લીધે ઉપવલયાકાર હોવાને કારણે તે નોંધપાત્ર રીતે બદલાય છે.

8.6 આપણા સૂર્યમંડળમાં, આંતર ગ્રહો વચ્ચેના વિસ્તારમાં દ્રવ્યના ટુકડાઓ (ગ્રહોની સાપેક્ષમાં ખૂબ જ નાના કદના) રહેલા છે, જેને લઘુગ્રહો કહે છે. તેઓ
(a) સૂર્યની આસપાસ પરિભ્રમણ કરતા નથી કારણ કે, તેઓ પાસે સૂર્યના દ્રવ્યમાન કરતાં ઘણું ઓછું દ્રવ્યમાન છે.
(b) તેમના નાના દળને લીધે અનિયમિત માર્ગે ગતિ કરશે તથા બહારના અવકાશ તરફ ઢસડાશે.
(c) સૂર્યની આસપાસ બંધ કક્ષામાં ગતિ કરે છે. પરંતુ કેપ્લરના નિયમોનું પાલન કરતા નથી.
(d) ગ્રહોની જેમ કક્ષામાં ગતિ કરે છે અને કેપ્લરના નિયમોનું પાલન કરે છે.

8.7 ખોટો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(a) જડત્વીય દ્રવ્યમાન એ બાહ્ય બળ દ્વારા પદાર્થને પ્રવેગિત કરવામાં પડતી મુશ્કેલીનું માપ છે જ્યારે ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન તેના પર બાહ્ય દ્રવ્યમાન (પદાર્થ) દ્વારા લાગતા ગુરુત્વાકર્ષણ બળને અનુરૂપ માપી શકાય છે.

(b) ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન અને જડત્વીય દ્રવ્યમાન એ પ્રાયોગિક પરિણામોમાં સમાન છે.

(c) ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન અને જડત્વીય દ્રવ્યમાનની સમાનતાને કારણે પૃથ્વીની સપાટી પર બધા પદાર્થોમાં ગુરુત્વપ્રવેગ સમાન હોય છે.

(d) પ્રોટોન જેવા કણના ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન નજીકમાં રહેલા ભારે પદાર્થોની હાજરી પર આધાર રાખે છે. પરંતુ જડત્વીય દ્રવ્યમાન માટે આવું નથી.

8.8 2M, m અને M દ્રવ્યમાન ધરાવતા કણોને અનુક્રમે A, B અને C પર એવી રીતે મૂક્યા છે કે જેથી AB = $\frac{1}{2}$(BC). m એ M કરતાં ખૂબ જ - ખૂબ જ નાનું છે અને $t = 0$ સમયે, તેઓ બધા સ્થિર છે (આકૃતિ 8.1).

કોઈ અથડામણ (સંઘાત) થાય તે પહેલાંના અનુગામી સમયે

આકૃતિ 8.1

(a) m સ્થિર જ રહેશે.

(b) m એ M તરફ ગતિ કરશે.

(c) m એ 2M તરફ ગતિ કરશે.

(d) m દોલિત ગતિ કરશે.

• બહુવિકલ્પ પ્રશ્નો (MCQ II)

નીચેના પ્રશ્નોમાં એક અથવા એક કરતાં વધુ વિકલ્પ સાચા હોઈ શકે છે :

8.9 નીચેનામાંથી કયા વિકલ્પો સાચા છે ?

(a) ઊંચાઈ વધવા સાથે ગુરુત્વપ્રવેગ ઘટતો જાય છે.

(b) ઊંડાઈ વધવા સાથે ગુરુત્વપ્રવેગ વધતો જાય છે. (પૃથ્વીને નિયમિત ઘનતા ધરાવતો ગોળો ધારો.)

(c) અક્ષાંશના વધવા સાથે ગુરુત્વપ્રવેગ વધતો જાય છે.

(d) ગુરુત્વપ્રવેગ એ પૃથ્વીના દ્રવ્યમાનથી સ્વતંત્ર હોય છે.

8.10 જો ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ, વ્યસ્ત વર્ગના નિયમને બદલે વ્યસ્ત ઘનનો નિયમ બને, તો

(a) ગ્રહોને ઉપવલયાકાર ભ્રમણકક્ષા ન હોય.

(b) ગ્રહોની ભ્રમણકક્ષા વર્તુળાકાર શક્ય ન બને.

(c) પૃથ્વીની સપાટી પર હાથ દ્વારા ફેંકાયેલા પથ્થરની પ્રક્ષિપ્ત ગતિ લગભગ પરવલયાકાર હશે.

(d) નિયમિત ઘનતા ધરાવતી ગોળીય કવચની અંદરના વિસ્તારમાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળ નહિ હોય.

8.11 જો સૂર્યનું દ્રવ્યમાન દસ ગણું નાનું અને ગુરુત્વાકર્ષણ અચળાંક G નું મૂલ્ય દસ ગણું મોટું થાય તો –

(a) જમીન પર ચાલવું વધારે મુશ્કેલ બની જાય.

(b) પૃથ્વીની સપાટી પર ગુરુત્વપ્રવેગ ન બદલાય.

(c) વરસાદનાં ટીપાં ખૂબ જ ઝડપથી પડે.

(d) વિમાનોને વધારે ઝડપથી ગતિ કરવી પડે.

8.12 જો સૂર્ય અને ગ્રહો ખૂબ જ મોટા મૂલ્યનો વિરુદ્ધ વિદ્યુતભાર ધરાવે તો,

(a) કેપ્લરના બધા ત્રણેય નિયમ તો પણ માન્ય રહેશે.

(b) માત્ર ત્રીજો નિયમ જ માન્ય રહેશે.

(c) બીજો નિયમ બદલાશે નહિ.

(d) પ્રથમ નિયમ તોપણ માન્ય રહેશે.

8.13 એવાં સૂચનો કરવામાં આવ્યાં છે કે, ભવિષ્યમાં ખૂબ જ મોટા સમય (અબજો વર્ષમાં)ને ધ્યાનમાં લેવામાં આવે, તો ગુરુત્વાકર્ષણના અચળાંક G નું મૂલ્ય ખૂબ જ નાનું બની જશે. જો આવું થાય, તો આપણી પૃથ્વી માટે

(a) કંઈ પણ બદલાશે નહિ.

(b) અબજો વર્ષ પછી આપણે (પૃથ્વી) ખૂબ જ ગરમ થઈ જઈશું.

(c) પૃથ્વી પરિક્રમણ કરશે, પરંતુ ચોક્કસ રીતે નજીકની કક્ષામાં નહિ.

(d) ખૂબ જ મોટા (પૂરતા પ્રમાણમાં) સમય બાદ આપણે (પૃથ્વી) સૂર્યમંડળને છોડી દઈશું.

8.14 $\boldsymbol{r}_1$ અને $\boldsymbol{r}_2$ સ્થાનસદિશ પાસે રહેલા બે દ્રવ્યમાનો m_1 અને m_2 વચ્ચે ન્યૂટનના ગુરુત્વાકર્ષણનાં નિયમ અનુસાર ગુરુત્વાકર્ષણ બળો $\mathbf{F}_1$ અને $\mathbf{F}_2$ ને ધારો કે,

$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2 = -\frac{\boldsymbol{r}_{12}}{r_{12}^3} \mathrm{GM}_0{}^2 \left(\frac{m_1 m_2}{\mathrm{M}_0^2}\right)^n$ વડે આપી શકાય. જ્યાં M_0 દ્રવ્યમાનના પરિમાણ ધરાવતો અચળાંક, $\boldsymbol{r}_{12} = \boldsymbol{r}_1 - \boldsymbol{r}_2$ અને n એ સંખ્યા છે.

આ પ્રકારના કિસ્સામાં,

(a) પૃથ્વીની સપાટી પર જુદા-જુદા પદાર્થો માટે ગુરુત્વપ્રવેગ જુદો-જુદો હશે.

(b) કેપ્લરના ત્રણ નિયમોમાંથી એક પણ માન્ય રહેશે નહિ.

(c) માત્ર ત્રીજો નિયમ અમાન્ય બનશે.

(d) n ના ઋણ મૂલ્ય માટે, પાણી કરતાં હલકી વસ્તુ પાણીમાં ડૂબી જશે.

8.15 નીચેનામાંથી કયાં વિધાનો સાચાં છે ?

(a) ધ્રુવીય ઉપગ્રહો પૃથ્વીની આસપાસ ધ્રુવોને અનુલક્ષીને ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં ફરે છે.

(b) ભૂસ્થિર ઉપગ્રહો પૃથ્વીની આસપાસ પૂર્વ-પશ્ચિમ દિશામાં ફરે છે.

(c) ભૂસ્થિર ઉપગ્રહો પૃથ્વીની આસપાસ પશ્ચિમ-પૂર્વ દિશામાં ફરે છે.

(d) ધ્રુવીય ઉપગ્રહો પૃથ્વીની આસપાસ પૂર્વ-પશ્ચિમ દિશામાં ફરે છે.

8.16 પૃથ્વીની સપાટી પરના કોઈ વિસ્તૃત પદાર્થનું દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર અને તેનું ગુરુત્વકેન્દ્ર,

(a) ગમે તે પરિમાણના પદાર્થ માટે હંમેશાં એક જ બિંદુ પર હોય છે.

(b) માત્ર ગોળાકાર પદાર્થો માટે હંમેશાં એક જ બિંદુ પર હશે.

(c) ક્યારેય એક જ બિંદુ પર ન હોય.

(d) જેમનાં પરિમાણો 100 m કરતાં નાનાં હોય, તેવા પદાર્થો માટે એકબીજાની નજીક હશે.

(e) જો પદાર્થને પૃથ્વીની અંદર ઊંડે સુધી લઈ જઈએ તેમ બંને બદલાય છે.

• અતિટૂંક જવાબી પ્રશ્નો (VSA)

8.17 વાતાવરણમાં રહેલા હવામાંના અણુઓ પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણ બળને લીધે આકર્ષાય છે. જેવી રીતે ઝાડ પરથી સફરજન નીચે પડ્યું તેમ તે બધા પૃથ્વી પર કેમ પડતા નથી ?

8.18 કેન્દ્રીય બળ અને અકેન્દ્રીય બળના એક-એક ઉદાહરણ આપો.

8.19 મંગળ માટે ક્ષેત્રિયવેગ વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ દોરો.

8.20 પૃથ્વીની સૂર્યની આસપાસની ગતિ માટે ક્ષેત્રિય વેગની દિશા કઈ હશે ?

8.21 બે બિંદુવત્ દ્રવ્યમાન (પદાર્થો) વચ્ચેનું અંતર તેટલું જ જાળવી રાખીને જ્યારે તેમને પાણીમાં ડુબાડવામાં આવે ત્યારે તેમની વચ્ચેના ગુરુત્વાકર્ષણ બળ પર કેવી અસર થાય છે ?

8.22 શું પદાર્થ પાસે જડત્વ હોય પરંતુ વજન ન હોય તે શક્ય છે ?

8.23 આપણે વિદ્યુતભારને પોલા વાહકની અંદર મૂકીને વિદ્યુતક્ષેત્ર સામે રક્ષણ આપી શકીએ છીએ. શું આપણે કોઈ પદાર્થને પોલા ગોળાની અંદર મૂકીને અથવા અન્ય કોઈ રીતથી તેની નજીકના દ્રવ્યની ગુરુત્વાકર્ષણની અસરથી રક્ષણ આપી શકીએ ?

8.24 પૃથ્વીની આસપાસ કક્ષામાં ફરતા નાના અવકાશયાનમાં અવકાશયાત્રી ગુરુત્વાકર્ષણને અનુભવી શકતો નથી. જો પૃથ્વીની આસપાસ ભ્રમણકક્ષામાં ગતિ કરતા અવકાશ સ્ટેશનના પરિમાણ મોટા હોય, તો ગુરુત્વાકર્ષણને અનુભવી શકીએ તેવી આશા રાખી શકાય ?

8.25 પોલી ગોળીય કવચ (ત્રિજ્યા R અને નિયમિત ઘનતા) અને બિંદુવત્ દ્રવ્યમાન વચ્ચેનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ F છે. F વિરુદ્ધ r ના આલેખની પ્રકૃતિ દર્શાવો. જ્યાં, r એ નિયમિત ઘનતા ધરાવતી પોલી ગોળીય કવચના કેન્દ્રથી બિંદુવત્ પદાર્થ સુધીનું અંતર છે.

8.26 એફેલીયન (ઉચ્ચ બિંદુ) અને પૅરિહેલિયન (નિમ્ન બિંદુ)માંથી, પૃથ્વીની ઝડપ ક્યાં વધારે હશે અને શા માટે ?

8.27 વિષવવૃત્તીય સમતલ અને નીચે આપેલા પરિભ્રમણીય સમતલ વચ્ચેનો ખૂણો કેટલો હશે ?

(a) ધ્રુવીય ઉપગ્રહ અને

(b) ભૂસ્થિર ઉપગ્રહ

• ટૂંક જવાબી પ્રશ્નો (SA)

8.28 સરેરાશ સૌર દિવસનો અર્થ એ છે કે, જ્યારે સૂર્ય પરાકાષ્ઠા બિંદુ (ઝેનિથ બિંદુ) (ભૂતલ સમતલ) પાસેથી પસાર થાય ત્યારે બે ક્રમિક મધ્યાહ્ન વચ્ચેનો સમયગાળો છે.

સાઈડેરિયલ દિવસનો અર્થ એ છે કે, દૂરના તારાની પરાકાષ્ઠા બિંદુ (ઝેનિથ બિંદુ) [ભૂતલ-સમતલ(મેરિડિયન)] પાસે બે ક્રમિક સંક્રાંતિ વચ્ચેનો સમયગાળો છે.

યોગ્ય રેખાકૃતિ દોરીને પૃથ્વીની ભ્રમણ અને કક્ષીય ગતિ દર્શાવી, દર્શાવો કે સરેરાશ સૌર દિવસ એ સાઈડેરિયલ દિવસ કરતાં ચાર મિનિટ લાંબો છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ, તો દૂરના તારાઓ દરેક ક્રમિક દિવસે 4 મિનિટ વહેલા ઊગે છે.

(**Hint** : તમે પૃથ્વીની કક્ષાને વર્તુળાકાર ધારી શકો છો.)

8.29 સમાન પ્રકારના બે ભારે ગોળાઓ તેમની ત્રિજ્યા કરતાં 10 ગણા અંતરે ગોઠવ્યા છે. તેમનાં કેન્દ્રોને જોડતી રેખાના મધ્યબિંદુએ એક વસ્તુને મૂકતાં તે સ્થિર સંતુલન અથવા અસ્થિર સંતુલનમાં રહેશે ? તમારા જવાબ માટેનું કારણ આપો.

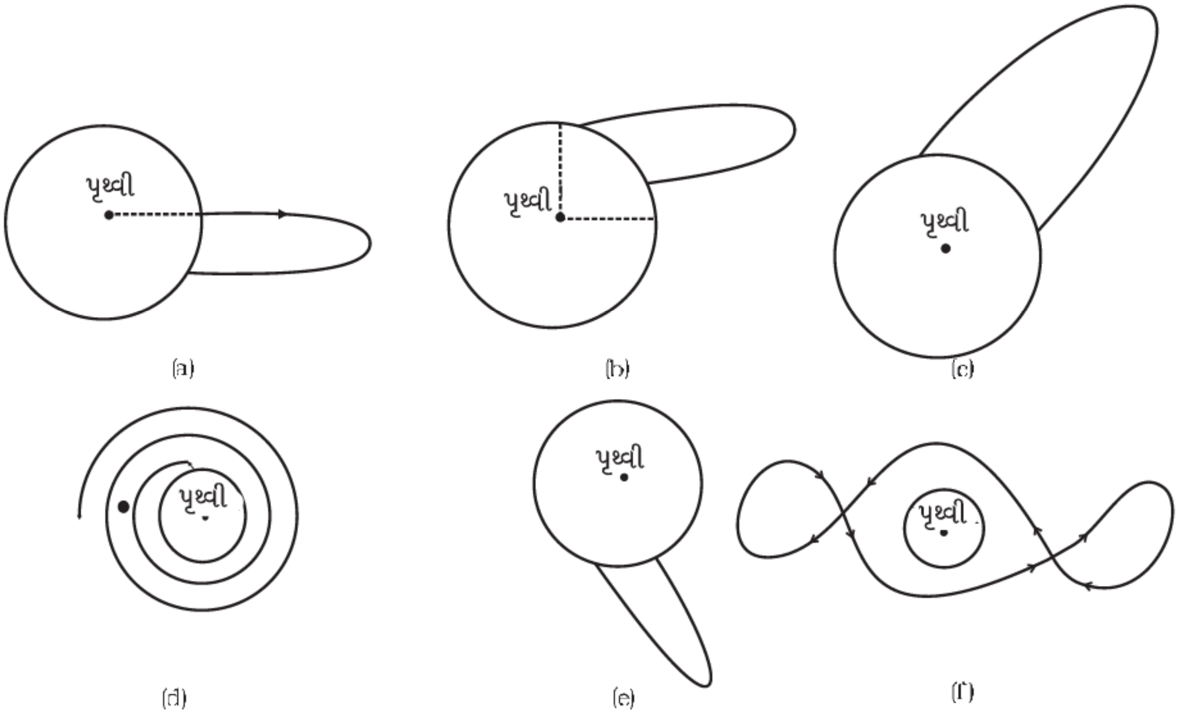
8.30 પૃથ્વીની આસપાસ ભ્રમણ કરતા ઉપગ્રહ માટે નીચેના આલેખની પ્રકૃતિ દર્શાવો :

(a) ગતિઊર્જા (KE) વિરુદ્ધ કક્ષીય ત્રિજ્યા R

(b) સ્થિતિઊર્જા (PE) વિરુદ્ધ કક્ષીય ત્રિજ્યા R

(c) કુલ ઊર્જા (TE) વિરુદ્ધ કક્ષીય ત્રિજ્યા R

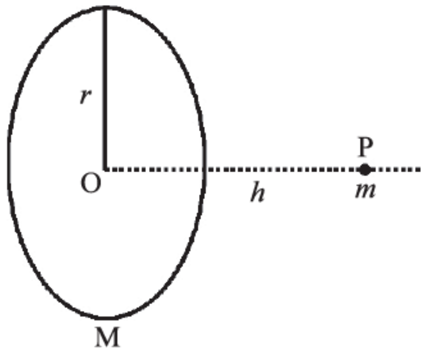
8.31 આકૃતિ 8.2માં કેટલાક વક્રો દર્શાવેલ છે. પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થ માટે તેમાંથી કયો એક શક્ય ગતિપથ છે તે કારણ સહિત સમજાવો. (હવાનું ઘર્ષણબળ અવગણો.)



આકૃતિ 8.2

8.32 m દ્રવ્યમાન ધરાવતી વસ્તુને પૃથ્વીની સપાટી પરથી પૃથ્વીની ત્રિજ્યા જેટલી ઊંચાઈએ લઈ જવામાં આવે છે. એટલે કે પૃથ્વીના કેન્દ્રથી R થી 2R અંતરે લઈ જવામાં આવે છે. તેની સ્થિતિઊર્જામાં કેટલો વધારો થશે ?

8.33 M દ્રવ્યમાન અને r ત્રિજ્યા ધરાવતી પાતળી વર્તુળાકાર રિંગના કેન્દ્ર O માંથી પસાર થતા લંબ પર h અંતરે આવેલા બિંદુ P પાસે m દ્રવ્યમાનનો પદાર્થ મૂકેલ છે (આકૃતિ 8.3).



આકૃતિ 8.3

જો દ્રવ્યમાનને વધારે દૂર એવી રીતે ખસેડવામાં આવે કે જેથી OP, $2h$ જેટલું થાય. જ્યાં, $h = r$ તો ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કેટલા ગુણક ગણું ઘટશે ?

• દીર્ઘ જવાબી પ્રશ્નો (LA)

8.34 સૂર્ય જેવા તારાની આસપાસ જુદાં-જુદાં અંતરે કેટલાક પદાર્થો પરિભ્રમણ કરે છે. તેમાંના બધા જ વર્તુળાકાર કક્ષામાં ભ્રમણ કરે છે, તેમ ધારો. તારાના કેન્દ્રથી પદાર્થનું અંતર r લઈએ અને તેનો રેખીય વેગ υ, કોણીય વેગ ω, ગતિઊર્જા K, ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જા U, કુલ ઊર્જા E અને કોણીય વેગમાન l લો. જેમ કક્ષાની ત્રિજ્યા r વધતી જશે તેમ ઉપરની રાશિઓમાંથી કઈ વધતી જશે અને કઈ ઘટતી જશે ?

8.35 l બાજુવાળા નિયમિત ષષ્ટકોણના દરેક શિરોબિંદુ પર m દ્રવ્યમાન ધરાવતા છ બિંદુવત્ પદાર્થો મૂકેલ છે. તેમાંથી કોઈ પણ દ્રવ્યમાન પર લાગતું બળ ગણો.

8.36 પૃથ્વીની આસપાસ વિષુવવૃત્તીય ભૂસ્થિર કક્ષામાં સંદેશાવ્યવહાર માટે એક ઉપગ્રહ મૂકેલ છે.

(a) આ ઉપગ્રહની ઊંચાઈની ગણતરી કરો.

(b) સમગ્ર પૃથ્વીને આવરી લેવા માટે ઉપગ્રહોની લઘુતમ સંખ્યા શોધી કાઢો કે જેથી વિષુવવૃત્ત પરના કોઈ પણ બિંદુએથી ઓછામાં ઓછો એક ઉપગ્રહ દેખાય.

[$M = 6 \times 10^{24}$ kg, R = 6400 km, T = 24 h, $G = 6.67 \times 10^{-11}$ SI એકમ]

8.37 પૃથ્વીની ભ્રમણકક્ષા 0.0167 ઉત્કેન્દ્રિતા ધરાવતી ઉપવલયાકાર છે. આમ, સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર અને ઝડપ જેમ તે (પૃથ્વી) સૂર્યની આસપાસ ગતિ કરે તેમ દિવસે-દિવસે બદલાય છે. આનો અર્થ એ થયો કે, સૌર દિવસની લંબાઈ સમગ્ર વર્ષ દરમિયાન અચળ હોતી નથી. પૃથ્વીના પરિભ્રમણની અક્ષ તેની ભ્રમણકક્ષાના સમતલને લંબ ધારો અને ટૂંકામાં ટૂંકા અને લાંબામાં લાંબા દિવસની લંબાઈ શોધો. દિવસ બપોરથી બપોર સુધી ગણો. શું આ દિવસની લંબાઈમાં વર્ષ દરમિયાન થતાં ફેરફારને સમજાવી શકાશે ?

8.38 પૃથ્વીની આસપાસ એક ઉપગ્રહ એફેલીયન 6R અને પૅરિહેલિયન 2R હોય તેવી ઉપવલયાકાર કક્ષામાં ભ્રમણ કરે છે. જ્યાં, R = 6400 km પૃથ્વીની ત્રિજ્યા છે. આ કક્ષાની ઉત્કેન્દ્રતા શોધો. એપોજી (દૂરમાં દૂરનું બિંદુ) અને પેરિજી (નજીકમાં નજીકનું બિંદુ) પાસે ઉપગ્રહનો વેગ શોધો. જો આ ઉપગ્રહને 6R ત્રિજ્યાની વર્તુળાકાર કક્ષામાં સ્થાનાંતરિત કરવો હોય, તો શું કરવું પડે ?

[$G = 6.67 \times 10^{-11}$ SI એકમ અને $M = 6 \times 10^{24}$ kg]