5

ମହାକର୍ଷଣ

(GRAVIATION)

ତୁମେ କେବେ ଏ କଥା ଚିନ୍ତା କରିଛ କି, କାହିଁକି ଉପରକୁ ପକା ଯାଇଥିବା ବଲ୍‌ଟିଏ ପୁଣି ଭୂମିକୁ ଫେରିଆସେ । ଧର୍ମଗୁଳା (toss) ରେ ଉପରକୁ ପକାଯାଇଥିବା ମୁଦ୍ରାଟି କାହିଁକି ପୁଣି ଭୂମିକୁ ଫେରି ଆସେ । ଅନାଦି କାଳରୁ ମନୁଷ୍ୟମାନେ ଏହି ପରିଘଟଣା ଦେଖି ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟ ହିଁ ହୋଇଛନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସପ୍ତଦଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ସାର୍ ଆଇଜାକ୍ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଏହି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ମିଳିଥିଲା । ସେ କହିଥିଲେ ଯେ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଭୂପୃଷ୍ଠ ଆଡ଼କୁ ଏପରି ଆକର୍ଷିତ ହୋଇ ଆସିବାର କାରଣ ହେଉଛି ପୃଥିବୀର ମହାକର୍ଷଣ ଜନିତ ଆକର୍ଷଣ । ସେ ମଧ୍ୟ କହିଥିଲେ ଯେ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ହିଁ ଚନ୍ଦ୍ର ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ଏବଂ ଗ୍ରହମାନେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଘୂରିଥାଆନ୍ତି । ଏହା ଏକ ସାର୍ବଜନୀନ ବଳ ଯାହାକି ବିଶ୍ୱର ସର୍ବତ୍ର ବିଦ୍ୟମାନ । ବାସ୍ତବତଃ ଏହି ବଳହିଁ ସମଗ୍ର ବିଶ୍ୱକୁ ଏକତ୍ର ବାନ୍ଧି ରଖିଥାଏ ।

ଏହି ପାଠ୍ୟ ବିଷୟରେ ତୁମେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ବସ୍ତୁମାନଙ୍କୁ ପୃଥିବୀ ଆକର୍ଷଣ କରୁଥିବା ଜନିତ ସେମାନଙ୍କର ତ୍ୱରଣ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ ତୁମେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ । "ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ" ନାମରେ ନାମିତ ଏହି ତ୍ୱରଣ ପୃଥିବୀ ଉପରେ ସର୍ବତ୍ର ସମାନ ନୁହେଁ । କେଉଁ କେଉଁ କାରକ ଯୋଗୁଁ ଏହା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ, ସେ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ । ଏତଦ୍ ବ୍ୟତୀତ ତୁମେ ଗ୍ରହମାନଙ୍କର ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେପ୍‌ଲରଙ୍କ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକର କକ୍ଷ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ ତୁମେ ଏହି ପାଠରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ । ଶେଷରେ ମହାକାଶ ଗବେଷଣା କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭାରତର ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ତଥା ଉପଲବ୍ଧି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପାଠରେ ଆଲୋଚନା କରାଯିବ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

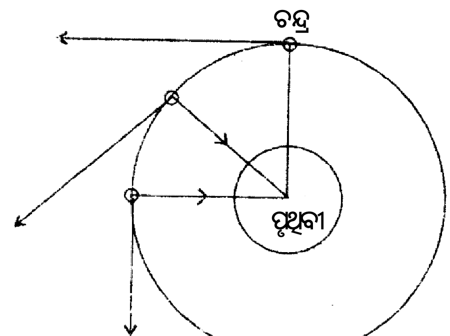
ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

- *ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ ସବୁ ଉଲ୍ଲେଖ କରିପାରିବ ;*
- *ଏକ ମହାକାଶୀୟ ବସ୍ତୁର ଗୁରୁତ୍ୱ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ପରିକଳନ କରି ପାରିବ;*
- *ଉଚ୍ଚତା, ଗଭୀରତା ଏବଂ ଅକ୍ଷାଂଶ ସହିତ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ (variation) ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରି ପାରିବ;*
- *ଗ୍ରହମାନଙ୍କ ଗତି ନିମିତ୍ତ ଉତ୍ତରଦାୟୀ ବଳ ଚିହ୍ନିପାରିବ ଏବଂ ଗ୍ରହମାନଙ୍କ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେପ୍‌ଲରଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପାରିବ;*
- *କକ୍ଷୀୟ ପରି ବେଗ (orbital velocity) ଓ ପଳାୟନ ପରିବେଗ (escape velocity) ପରିକଳନ କରି ପାରିବ ;*

- *କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକ କିପରି ପ୍ରକ୍ଷେପଣ ହୁଏ ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ଧ୍ରୁବୀୟ (polar) ଏବଂ ନିରକ୍ଷୀୟ (equatorial) କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଇ ପାରିବ;*
- *ଭୂସ୍ଥିର ଉପଗ୍ରହ (geostationary satellites) ଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସର୍ତ୍ତଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପାରିବ;*
- *ଏକ ଭୂସ୍ଥିର ଉପଗ୍ରହର ଉଚ୍ଚତା ପରିକଳନା କରି ପାରିବ ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକର ଉପଯୋଗିତା ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ସୁଚୀ ତିଆରି କରିପାରିବ ଏବଂ ;*
- *ଉପଗ୍ରହ ଟେକ୍‌ନିକ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭାରତର ଉପଲବ୍ଧିଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପାରିବ ।*

5.1 ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ

କୁହାଯାଏ ଯେ ନିଉଟନ୍ ଏକ ସେଓ ଗଛ ତଳେ ବସିଥିବା ବେଳେ ସେଓ ଫଳଟିଏ ସେଥିରୁ ଝଡ଼ିଲା । ଏହା ଦେଖି ତାଙ୍କ ମନରେ ଚିନ୍ତା ଆସିଲା: ଯେହେତୁ ସେଓ ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ପୃଥିବୀପୃଷ୍ଠ ଆଡ଼କୁ ପଡ଼ିଯାଆନ୍ତି, ନିଶ୍ଚିତଭାବରେ ପୃଥିବୀର କୌଣସି ବଳ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ । ସେ ନିଜକୁ ନିଜେ ପଚାରିଲେ: ଏହା କ'ଣ ସେହି ଏକା ବଳ ଯାହା ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ତାହାର କକ୍ଷରେ ଘୂରାଇ ରଖିଥାଏ ? ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଯୁକ୍ତି ହେଲା, କକ୍ଷର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ କକ୍ଷ ପ୍ରତି ରହିଥିବା ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ଚନ୍ଦ୍ର ଛିଟିକି ଚାଲି ଯାଇ ପାରନ୍ତା, କିନ୍ତୁ କୌଣସି ବଳ ଦ୍ୱାରା ଏହା କକ୍ଷ ପଥରେ ଟାଣି ହୋଇ ରହିଛି (ଚିତ୍ର 5.1)



(ଚିତ୍ର 5.1) କକ୍ଷର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ କକ୍ଷ ପ୍ରତି ରହିଥିବା ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ଚନ୍ଦ୍ର ଛିଟିକି ଚାଲି ଯାଇ ପାରନ୍ତା, କିନ୍ତୁ କୌଣସି ବଳ ଦ୍ୱାରା ଏହା କକ୍ଷ ପଥରେ ଟାଣି ହୋଇ ରହିଛି

ଏହା କ'ଣ ସେହି ଏକା ବଳ ଯାହା ସେଓଟିକୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠକୁ ଟାଣୁଛି ଏବଂ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ଅନବରତ ଟାଣି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷରେ ବୁଲାଉଛି ? ସେ ଗାଣିତିକ ଉପାୟରେ କେପ୍‌ଲର୍‌ଙ୍କ ନିୟମରୁ ନିଗମନ କରିଥିଲେ କି ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ଗ୍ରହ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ $\frac{1}{r^2}$ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ଏଠାରେ r ହେଉଛି ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ଗ୍ରହ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ । ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପ୍ରୟୋଗ କରି ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ସେହି ଏକା ବଳ ହିଁ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ତାର କକ୍ଷରେ ବାନ୍ଧି ରଖିଥାଏ । ତାପରେ ସେ ସାର୍ବଜନୀନ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମର ଏହି ପ୍ରକାରେ ଅବତାରଣା କରିଥିଲେ - **"ବିଶ୍ୱବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି କଣିକାକୁ ଏକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷଣ କରେ ଯାହାକି କଣିକା ଦ୍ୱୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୁଣଫଳ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।"**

ଯଦି m_1 ଓ m_2 କଣିକା ଦ୍ୱୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏବଂ r ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତ୍ୱ ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବଳ F ହୁଏ

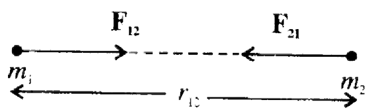
ତେବେ $F \propto m_1 m_2$

$$F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (5.1)$$

ବ୍ୟଞ୍ଜକ (5.1) ରେ G ହେଉଛି ଅନୁପାତ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (proportionality constant) ଏବଂ ଏହାକୁ **ସାର୍ବଜନୀନ ମହାକର୍ଷଣ** ସ୍ଥିରାଙ୍କ (universal constant of gravitation) କହନ୍ତି । **ବିଶ୍ୱର ସର୍ବତ୍ର ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ପାଇଁ ସର୍ବତ୍ର ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ସମାନ ରହେ ।** ଏହର ଅର୍ଥ ହେଉଛି - ଯଦି ଦୁଇଟି କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବଳ ପୃଥିବୀ ଉପରେ F ହୁଏ, ତେବେ ସେହି କଣିକା ଦ୍ୱୟ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱ ବ୍ୟବଧାନରେ ବିଶ୍ୱର ଅନ୍ୟ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ରଖିଲେ ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମାନ ଆକର୍ଷଣ ବଳ F ରହିବ । ମହାକର୍ଷଣ ବଳର ଅନ୍ୟତମ ଅଭିଲକ୍ଷଣ ହେଉଛି ଯେ ଏହା ସର୍ବଦା ଏକ ଆକର୍ଷକ ବଳ । ଏହା ପ୍ରକୃତିର ମୌଳିକ (fundamental) ବଳମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ।

ମନେରଖ ଯେ ଉକ୍ତ ଆକର୍ଷଣ ପାରସ୍ପରିକ ଅଟେ, ଅର୍ଥାତ୍ କଣିକା m_1 , କଣିକା m_2 କୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ଏବଂ କଣିକା m_2 ମଧ୍ୟ ସେହି ସମପରିମାଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା m_1 କୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, ଏହି ବଳ କଣିକା ଦ୍ୱୟକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖାରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ବଳ ଏକ ସଦିଶ ରାଶି । ତେବେ ସମୀକରଣ (5.1) ରେ କିଛି ସଂଶୋଧନର ଆବଶ୍ୟକତା ଅଛି କି ? ଏହି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ହେଉଛି ଏହି ଯେ ସମୀକରଣଟିରେ ବଳର ଉଭୟ ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।



ଚିତ୍ର 5.2 ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_1 ଓ m_2 ପରସ୍ପରଠାରୁ r_{12} ଦୂରତାରେ ଅଛନ୍ତି । ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_1 ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_2 କୁ $\vec{F}_{21}$ ବଳ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷଣ କରେ ।

ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ଯେ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ କଣିକାଦ୍ୱୟକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । m_2 ଉପରେ m_1 ର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଆକର୍ଷଣ ବଳ $\mathbf{F}_{12}$ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ $\mathbf{r}_{12}$ ହୁଏ, ତେବେ ଭେକ୍ଟର ରୂପରେ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମ ହେବ,

$$\mathbf{F}_{12} = G\frac{m_1 m_2}{\mathbf{r}_{12}^2}\mathbf{r}_{12} \tag{5.2}$$

ଏଠାରେ $\hat{r}_{12}$ ହେଉଛି m_1 ରୁ m_2 କୁ ଏକକ ଭେକ୍ଟର,

ସେହିପରି m_1 ଉପରେ m_2 ର ଆକର୍ଷଣ ବଳକୁ ଲେଖିପାରିବା ଯେ

$$\mathbf{F}_{21} = -G\frac{m_1 m_2}{\mathbf{r}_{21}^2}\mathbf{r}_{21} \tag{5.3}$$

ଯେହେତୁ $\hat{r}_{12} = -\hat{r}_{21}$, ଆମେ ସମୀକରଣ (5.2) ଓ (5.3) ରୁ ପାଉ

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21} \tag{5.4}$$

$\mathbf{F}_{12}$ ଓ $\mathbf{F}_{21}$ ବଳ ଦ୍ୱୟ ସମାନ ଏବଂ ପରସ୍ପରର ବିପରୀତ ଅଭିମୁଖୀ ଏବଂ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ସେମାନେ ହେଉଛନ୍ତି କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ଯୁଗ୍ମ । ମନେରଖ ଯେ $\hat{r}_{12}$ ଓ $\hat{r}_{21}$ ସଦିଶ ଦ୍ୱୟର

ଟିପ୍ପଣୀ

ପରିମାପ ଏକକ ଅଟେ କିନ୍ତୁ ଦିଗ ବିପରୀତ । ଆବଶ୍ୟକ ନ ପଡ଼ିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଆଲୋଚନା ଗୁଡ଼ିକରେ ଆମ୍ଭେମାନେ କେବଳ ମହାକର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ ହିଁ ବ୍ୟବହାର କରିବା ।

ଧ୍ରୁବକ G ର ମୂଲ୍ୟ ଏତେ କମ୍ ଯେ ନିଉଟନ୍ ଓ ତାଙ୍କର ସମସାମୟିକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକାରୀ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇ ପାରିନଥିଲା । ପ୍ରାୟ 100 ବର୍ଷ ପରେ ଏହା ବୈଜ୍ଞାନିକ କ୍ୟାଭେଣ୍ଡିସ୍ (cavendish) ଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଥମେ ନିର୍ଣ୍ଣିତ ହେଲା । ଆଜିକାଲି G ର ସ୍ୱୀକୃତ ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି 6.67×10^{11} $Nm^2\ kg^{-2}$ । G ର ଏହି ସ୍ୱଳ୍ପ ମୂଲ୍ୟ ଯୋଗୁଁ ସାଧାରଣ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଜନିତ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ଆମ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ 5.1 : କେପ୍‌ଲର୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମରେ କୁହାଯାଇଛି ଯେ (ଏହାର ବିସ୍ତୃତ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ପରେ କରାଯିବ) ଯଦି ଗ୍ରହ ଓ ସୂର୍ଯ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା r ହୁଏ ଏବଂ ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ T ହୁଏ, ତେବେ r^3/T^2 ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହୁଏ । ଏହାକୁ ଆଧାର କରି ଦର୍ଶାଅ ଯେ ଗ୍ରହ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଠାରୁ ଗ୍ରହର ଦୂରତାର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ହୁଏ ।

ସମାଧାନ : ମନେକର ଗ୍ରହର କକ୍ଷ ପଥଟି ବୃତ୍ତାକାର ଅଟେ । (ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି କକ୍ଷ ପ୍ରାୟ ବୃତ୍ତାକାର) ତେବେ ଗ୍ରହ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ

$$F = \frac{m\upsilon^2}{r}$$

ଏଠାରେ u ଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ବେଗ ଅଟେ ।

$\because\ u = rw = \frac{2\pi r}{T}$ ଯେଉଁଠି T ହେଉଛି ପରିକ୍ରମଣ କାଳ । ତେଣୁ ଆମେ ଉପରଲିଖିତ ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ ଲେଖି ପାରିବା,

$$F = m\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 \Big/ r$$

Þ $F = 4p^2mr/T^2$

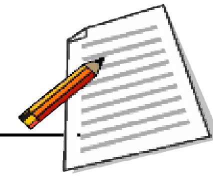
କିନ୍ତୁ କେପଲର୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଆଧାରରେ $T^2 \propto r^3$

କିମ୍ୱା Þ $T^2 = Kr^3$ ଏଠାରେ K ସମାନୁପାତୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ।

$$\backslash\ F = \frac{4\pi^2 mr}{Kr^3} = \frac{4\pi^2 m}{K}.\frac{1}{r^2}$$

$$\backslash\ F\ a \frac{1}{r^2}$$ ($\because \frac{4\pi^2 m}{K}$ ଏକ ଗ୍ରହ ପାଇଁ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ)

ଆଗକୁ ଅଧିକ ଆଲୋଚନା ପୂର୍ବରୁ ଆମେ କେତେଦୂର ଅଗ୍ରଗତି କରିଛେ ଦେଖିବା ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.1

1. ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ଚନ୍ଦ୍ରର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ 27.3 ଦିନ ଅଟେ । ମନେରଖ ଯେ ଏହି ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ସ୍ଥିର ଥିବା ତାରକାର ସ୍ଥିତି ଅନୁସାରେ ଗଣନା କରାଯାଇଛି । (କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀକୁ ସ୍ଥିର ବୋଲି ଧରି ଚନ୍ଦ୍ରର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ 29.5 ଦିନ ଗଣନା କରିଯାଏ, ଏହି ସମୟାନ୍ତର ହିଁ ଏକ ମାସର ଅବଧି ବୋଲି କେତେକ କ୍ୟାଲେଣ୍ଡର୍‌ରେ କୁହାଯାଏ ।)

   ଚନ୍ଦ୍ରର ପରିକ୍ରମଣ କକ୍ଷର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $r = 3.84 \times 10^8$ m (ଏହା ପୃଥିବୀ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ପ୍ରାୟ 60 ଗୁଣ) ଅଟେ । ଚନ୍ଦ୍ରର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ପରିକଳନାକର ଏବଂ ଦର୍ଶାଅ ଯେ ଏହାର ମାନ $9.8\text{ms}^{-1}/3600$ ର ବହୁତ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ । ଆଉ ମଧ ଦର୍ଶାଅ ଯେ ଏହି ମହାକର୍ଷଣ ବଳ r^2 ସହ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।

   ....

2. ସମୀକରଣ (5.1)ରୁ G ର ବିମିତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   ....

3. ସମୀକରଣ 5.1 ରୁ ଦର୍ଶାଅ ଯେ G ହେଉଛି 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ 2 ଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବଳ ସହ ସମାନ ଯେତେବେଳେ ସେହି ବସ୍ତୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 1m ହୁଏ ।

   ....

4. କିଛି ବ୍ୟବଧାନ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ F ଅଟେ । F ର ପରିମାଣ କ'ଣ ହେବ ।

   (i) ଯଦି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଦୁଇଟିକୁ ନ ବଦଳାଇ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାକୁ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯିବ ?

   (ii) ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା ନ ବଦଳାଇ ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯାଏ ?

   (iii) ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାକୁ ମଧ୍ୟ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯାଏ ?

   ....

5. 50 kg ଓ 60kg ର ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 1m ଅଟେ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମହାକର୍ଷଣ ବଳ କଳନା କର ।

   ....

5.2 ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ (Acceleration due to gravity)

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମରୁ ତୁମେ ଜାଣ ଯେ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ **F** ସେଥିରେ ତ୍ୱରଣ **a** ସୃଷ୍ଟିକରେ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ହେଉଛି ବ୍ୟଞ୍ଜକ

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a} \qquad ....(5.5)$$

ପୃଥିବୀର ପୃଷ୍ଠଉପରେ କିମ୍ବା ପୃଷ୍ଠର ପାଖାପାଖି ଥିବା ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପୃଥିବୀର ଯେଉଁ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ରହେ ତାହାକୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ବସ୍ତୁଟିରେ ଏକ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ

ଟିପ୍ପଣୀ

ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ତ୍ୱରଣକୁ **ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ** କହନ୍ତି । ଏହାକୁ ପ୍ରତୀକ g ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଏ । ସମୀକରଣ (5.1) ଅନୁସାରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କଣିକା ଉପରେ ପୃଥିବୀର ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବଳକୁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ

$$F = G\frac{Mm}{r^2} \qquad (5.6)$$

ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ M ହେଉଛି ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, m ହେଉଛି ଏହାର ପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏବଂ R ହେଉଛି ପୃଥିବୀର ହାରାହାରି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ । ସମୀକରଣ (5.5) ଓ (5.6) ରୁ ମିଳେ ଯେ

ଚିତ୍ର 5.3 : ଭୂପୃଷ୍ଠର ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗ ହେଉଛି ସେହି ବିନ୍ଦୁକୁ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ସହ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖାର ଦିଗ ।

$$mg = G\frac{Mm}{r^2}$$

$$\Rightarrow\; g = G\,M/R^2 \qquad (5.7)$$

ମନେରଖ ଯେ **ବସ୍ତୁ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ଦିଗରେ ହୁଏ** । ଏହି ଦିଗକୁ **ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗ** କହନ୍ତି । ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଏହି ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗକୁ ଚିତ୍ର 5.3 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବେ ରହିଥିବା ଦିଗକୁ **ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗ** କହନ୍ତି ।

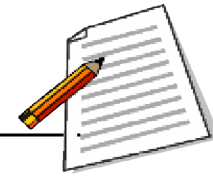
ଆମେ ପୃଥିବୀ କିମ୍ବା ଗ୍ରହପରି ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ମହାକାଶୀୟ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଜାଣିଲେ ଏହାର ପୃଷ୍ଠରେ g ର ମାନ {ସମୀକରଣ (5.7)} ବ୍ୟବହାର କରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହେବ । ଭୂପୃଷ୍ଠରେ g ର ମାନ ପ୍ରାୟ 9.8 ms^{-2}

ଏକ ଗ୍ରହ କିମ୍ବା ଉପଗ୍ରହର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଦତ୍ତ ଥିଲେ ସମୀକରଣ 5.7 ର ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ଉକ୍ତ ଗ୍ରହ କିମ୍ବା ଉପଗ୍ରହର ମହାକର୍ଷଣୀୟ ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ପାରିବା ।

ଆଉ ଆଗେଇବା ପୂର୍ବରୁ ସମୀକରଣ (5.7) କୁ ଆଉଥରେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କର । କୌଣସି ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ବସ୍ତୁଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଏକ ଓଜନିଆ ବଲ୍ ଓ ଏକ ହାଲୁକା ବଲ୍ କୌଣସି ଉଚ୍ଚତାରୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଗଲେ ସେଗୁଡ଼ିକ ସମାନ ପରିବେଗ ସହିତ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ପଡ଼ିବେ । **ଯଦି ବଲ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଏକା ସମୟରେ ଛଡ଼ାଯାଆନ୍ତି, ଉଭୟ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଏକା ସମୟରେ ପହଞ୍ଚିବେ ।**

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 5.1

ଖଣ୍ଡେ କାଗଜ ଓ ଏକ ଗୋଡ଼ି ନିଅ । ଉଭୟକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଏକ ସମୟରେ ଛାଡ଼ । ଉଭୟ ବସ୍ତୁର ଗତିପଥକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଏବଂ ସେମାନେ କେତେ ସମୟ ପରେ ଭୂମିରେ ପଡୁଛନ୍ତି ଟିପିରଖ । ତାପରେ ଦୁଇଟି ଗୋଡ଼ି ନିଅ, ଗୋଟିଏ ଓଜନିଆ ଓ ଅନ୍ୟଟି କମ୍ ଓଜନିଆ । ଉଭୟକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଏକ ସମୟରେ ଖସାଅ ଏବଂ କେତେ, କେତେ ସମୟ ପରେ ସେମାନେ ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରୁଛନ୍ତି, ଟିପିରଖ । (ଏଥିରୁ କେଉଁ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ମିଳେ ?)



ଟିପ୍ପଣୀ

ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଜନିତ ପତନ

ଆମକୁ ଟିକିଏ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟ ଲାଗିପାରେ ଯେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଏକ ଓଜନିଆ ଗୋଡ଼ି ଓ ଏକ କମ ଓଜନିଆ ଗୋଡ଼ି ସମବେଗରେ ପଡ଼ନ୍ତି । ଷୋଡ଼ଶ ଶତାବ୍ଦୀ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଲୋକଙ୍କର ବିଶ୍ୱାସ ଥିଲା ଯେ ଓଜନିଆ ଗୋଡ଼ିଟି ହାଲୁକା ଗୋଡ଼ିଠାରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ସେ ସମୟର ମହାନ୍ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗାଲିଲିଓ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ସମାନ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଗଲେ ସମାନ ବେଗରେ ହିଁ ପଡ଼ିଥାଆନ୍ତି । କୁହାଯାଏ ଯେ ଏହା ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ସେ ପିସାସ୍ଥିତ ଟାୱାର୍ (ଦୁର୍ଗ)ର ଶୀର୍ଷକୁ ଯାଇଥିଲେ ଏବଂ ସେଠାରୁ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ବେଶ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଥିବା ଦୁଇଟି ଲୌହ ବଲ୍ ଏକସମୟରେ ଖସାଇ ଥିଲେ । ଉଭୟ ବଲ୍ ଏକ ସମୟରେ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ପଡ଼ିଲେ । କିନ୍ତୁ ଉକ୍ତ ଟାୱାର୍‌ର ଶୀର୍ଷରୁ ଗୋଟିଏ ପର (feather) ଓ ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ପଥର ଏକ ସମୟରେ ଖସାଇବାରୁ ସେ ଦୁଇଟି ଭୂମି ଉପରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସମୟ ପରେ ପଡ଼ିଲେ । ଗାଲିଲିଓଙ୍କର ଯୁକ୍ତି ଥିଲା ଯେ ପରଟି ଭୂମିରେ ପଡ଼ିବା ପାଇଁ ଅଧିକ ସମୟ ନେଲା କାରଣ ଏହା ଉପରେ ବାୟୁ ଯୋଗୁଁ ଅଧିକ ପ୍ଲବନ ବଳ ଥିଲା । ସେ କହିଥିଲେ ଯେ ଯଦି ବାୟୁ ନଥା'ନ୍ତା, ଉଭୟ ବସ୍ତୁ ଏକାଠି ଭୂମି ଉପରେ ପଡ଼ିଥା'ନ୍ତେ । ନିକଟ ଅତୀତରେ, ମହାକାଶଚାରୀମାନେ ଏହି ପର ଓ ପଥର ପରୀକ୍ଷା ଚନ୍ଦ୍ର ଉପରେ କରିଛନ୍ତି ଏବଂ ଦେଖିଛନ୍ତି ଯେ ଉଭୟ ଏକା ସମୟରେ ଭୂମିରେ ପଡ଼ନ୍ତି । ମନେରଖ ଯେ ଚନ୍ଦ୍ରର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ନାହିଁ, ତେଣୁ ସେଠାରେ ବାୟୁ ନାହିଁ ।

ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣର ପ୍ରଭାବରେ ଏକ ବସ୍ତୁ ଭୂକେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପଡ଼ିଥାଏ । ଭୂପୃଷ୍ଠର ଅଳ୍ପ କିଛି ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣର ବିଶେଷ କିଛି ବଦଳେ ନାହିଁ । ତେଣୁ, ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ, ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ଏବଂ t ସମୟରେ ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତା ପାଇଁ ସମୀକରଣ ଗୁଡ଼ିକ ହେବ

$$u = u + gt$$

$$s = ut + \tfrac{1}{2}gt^2 \qquad (5.8)$$

$$u^2 = u^2 + 2gs$$

ଏଠାରେ ମନେରଖିବାକୁ ପଡ଼ିବ ଯେ **ବସ୍ତୁର ଗତି ଦିଗ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ କିମ୍ବା ନିମ୍ନମୁଖୀ ଯାହାବି ହେଉନା କାହିଁକି, g ର ଦିଗ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସର୍ବଦା ନିମ୍ନମୁଖୀ ଅଟେ । g ପରିମାଣ ତ୍ୱରଣ ସହ ପଡୁଥିବା ବସ୍ତୁର ପତନକୁ ମୁକ୍ତପତନ କୁହାଯାଏ ।**

ସମୀକରଣ 5.୪ ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ହୁଏ ଯେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରୁ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ପଡ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କଲେ t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହା $h = \tfrac{1}{2}gt^2$ ଦୂରତା ତଳକୁ ପଡ଼ିବ । ତେଣୁ କିଛି ଉଚ୍ଚତାରୁ ଏକ ଓଜନିଆ ମୁଦ୍ରା ଧୀରେ ଖସାଇ ଏହା ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ପଡ଼ିବାକୁ ନେଉଥିବା ସମୟକୁ ଏକ ନିର୍ଭୁଲ୍ ଷ୍ଟପ୍‌ୱାଚ୍ ବା ବିରାମ ଘଡ଼ି ଦ୍ୱାରା ମପାଯାଇ ପାରିବ ଏବଂ ସେଥିରୁ g ର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ । ଯଦି 1 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରୁ ଏକ ପାଞ୍ଚଟଙ୍କିଆ ମୁଦ୍ରା, ଭୂମିକୁ ଖସାଇ ଦିଆଯାଏ, ଏବଂ ଖସିବା ସମୟ ଟିପାଯାଏ, ତେବେ ଅନେକଥର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କଲେ ଏହି ଖସିବା ସମୟ ପ୍ରାୟ 0.45s ହେବ । ଏଥିରୁ g ର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କରିହେବ । ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ସରଳ ଦୋଳକ (simple pendulum) ବ୍ୟବହାର କରି ମଧ୍ୟ gର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।

ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ଏକ କଣିକା ଉପରେ କେତେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ତାହା ହିସାବ କରିବା ବେଳେ ଆମ୍ଭେମାନେ ପୃଥିବୀ ଓ ଉକ୍ତ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତ୍ୱକୁ ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବୋଲି ଧରିଥାଉ । ପ୍ରଶ୍ନ ଉଠେ, ଏପରି କାହିଁକି ନିଆଯାଏ ?

ଟିପ୍ପଣୀ

କିନ୍ତୁ ଆମେ ଦୁଇଟି କଣିକା ବା ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ବିଚାର କରୁ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ କେବଳ ହିସାବକୁ ନିଆଯାଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରସାରିତ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ବିଚାର କଲାବେଳେ ଆମେ କେଉଁ ଦୂରତ୍ୱକୁ ହିସାବକୁ ନେବା ? ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ପାଇଁ ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ରର ଧାରଣା ଦିଆଯାଇଛି । ଏହି ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ହେଉଛି ଏପରି ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଯାହା ମହାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବ କଳନା ନିମିତ୍ତ ବସ୍ତୁର ସମଗ୍ର ଅଂଶ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଏହି ବିନ୍ଦୁକୁ ବ୍ୟବହାର କଲେ ମଧ୍ୟ ଫଳ ସମାନ ହୁଏ । ଜ୍ୟାମିତିକ ଭାବେ ସମ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ନିୟମିତ ବସ୍ତୁ ସବୁ ପାଇଁ (ଯେପରି କି ଗୋଲକ, ସିଲିଣ୍ଡର, ଆୟତଘନାକୃତିର ବସ୍ତୁ ସବୁ) ଜ୍ୟାମିତିକ କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ହିସାବରେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଥାଏ । ସେଥିପାଇଁ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଏହାର ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ଭାବେ ନିଆଯାଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଦୂରତା ଏହି କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଅବସ୍ଥିତି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହିସାବ କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଅନିୟମିତ ଆକୃତି ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ ପାଇଁ ସେପରି ସରଳ ଉପାୟ କିଛି ନାହିଁ ।

ଏକ ଧାତବ ମୁଦ୍ରିକାର ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର କେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ରହିଥାଏ ? ଏହା ମୁଦ୍ରିକାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ହେବା ଉଚିତ୍ । ଏହି ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ ବାହାରେ ଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ବସ୍ତୁର ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ବସ୍ତୁର ବାହାରେ ବି ରହିପାରେ । ତୁମ ନିଜର ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର କେଉଁଠାରେ ରହିଛି ? ଯଦି ଏକ ମାନବ ଶରୀରକୁ ଏକ ସମମିତ (symmetrical) ବସ୍ତୁ ହିସାବରେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଏ ତେବେ ଏହି ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ଶରୀରର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥଳରେ ଅର୍ଥାତ୍ ନାଭି ତଳେ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ରହିଛି । ପରେ ଏହି କ୍ରମରେ ତୁମେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ ବସ୍ତୁର **ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର** (Centre of mass) ବିଷୟରେ । ଏକ ବସ୍ତୁର ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହି ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ରରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ବୋଲି ଧରି ନିଆଯାଏ । ପୃଥିବୀ ନିକଟରେ ଥିବା ଭଳି ଏକ ସମମହାକର୍ଷଣୀୟ କ୍ଷେତ୍ର (Uniform gravitational field) ରେ ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର ଏକ ସ୍ଥାନରେ ରହିଥାଏ ।

ଗୁରୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର କିମ୍ବା ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ରର ବ୍ୟବହାର ଆମର ହିସାବକୁ ବହୁତ ସରଳ କରିଦିଏ । କଳ୍ପନା କର ଆମକୁ କେତେ ପରିମାଣର ଗଣନା କରିବା ପଡ଼ିଥା'ନ୍ତା, ଯଦି ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ଗଠନ କରିଥିବା ପ୍ରତିଟି କଣିକା - କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ ଆମକୁ ହିସାବ କରିବାକୁ ପଡ଼ନ୍ତା ଏବଂ ଉକ୍ତ ସମସ୍ତ ବଳର ପରିଣାମୀ ବଳ ହିସାବ କରିବାକୁ ପଡ଼ନ୍ତା ।

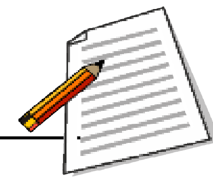
ସର୍ବଦା ଧ୍ୟାନ ରଖିବ ଯେ G ଓ g ଅଲଗା, ଅଲଗା ଭୌତିକ ରାଶି ଅଟନ୍ତି । G **ହେଉଛି ମହାକର୍ଷଣର ସାର୍ବତ୍ରିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ** ଯାହାର ମୂଲ୍ୟ ବିଶ୍ୱର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥାନରେ ସମାନ, କିନ୍ତୁ g ହେଉଛି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ (ଗୁରୁତ୍ୱ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ) ଯାହାର ମୂଲ୍ୟ ଭିନ୍ନ, ଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଭିନ୍ନ, ଭିନ୍ନ । g ର ଏହି ଭିନ୍ନତା ସମ୍ବନ୍ଧରେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ବିଭାଗରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ।

ତୁମେ କେତେ ଅଗ୍ରଗତି କରିଛ ତାହା ଜାଣିବା ପାଇଁ, ପରବର୍ତ୍ତୀ କେତେକ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଦେବା ପାଇଁ ଏବେ ତୁମେ ଆଗ୍ରହୀ ହେବ ନିଶ୍ଚୟ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.1

1. ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥାକ୍ରମେ 5.97 kg ଓ 6.371×10^6m ଏହାର ପୃଷ୍ଠ ଦେଶରେ g ର ମୂଲ୍ୟ କଳନା କର ।

   ....



ଟିପ୍ପଣୀ

2. ବହୁତ ସାବଧାନତା ସହ ହିସାବରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ବିଷୁବ ବୃତ୍ତରେ ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 6378 କି.ମି. ଏବଂ ମେରୁରେ ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 6357 km । ବିଷୁବ ବୃତ୍ତରେ ଏବଂ ମେରୁରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ତୁଳନା କର ।

....

3. କୌଣସି ଏକ କଣିକାକୁ ଉପର ଆଡ଼କୁ ପକାଗଲା । (i) କଣିକାଟି ଉପରକୁ ଉଠୁଥିଲା ବେଳେ (ii) ବସ୍ତୁଟି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଉଚ୍ଚତାରେ ପହଞ୍ଚିଲା ବେଳେ, (iii) ବସ୍ତୁଟି ତଳକୁ ପଡୁଥିବା ବେଳେ, ଏବଂ (iv) ବସ୍ତୁଟି ଭୂମି ଉପରକୁ ଫେରି ଆସିଲାବେଳେ g ର ଦିଗ କ'ଣ ଥାଏ, ଲେଖ ।

....

4. ଚନ୍ଦ୍ରର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 7.3×10^{22} ଏବଂ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 1.74×10^{6}m । ଏହାର ପୃଷ୍ଠ ଦେଶରେ ଗୁରୁତ୍ୱ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ କଳନା କର ।

....

5.3 g ର ମୂଲ୍ୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ

5.3.1 ଉଚ୍ଚତା ସହିତ g ମୂଲ୍ୟର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ସମୀକରଣ (5.7) ର ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ହରରେ ଥିବା R^2 ସୂଚନା ଦିଏ ଯେ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନର ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଥିବା ଦୂରତାର ବର୍ଗ ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, ସେହି ସ୍ଥାନରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ R ଦୂରତ୍ୱ, ଅର୍ଥାତ୍ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରରୁ 2R ଦୂରତାରେ ଭୂପୃଷ୍ଠ ତୁଳନାରେ g ର ମୂଲ୍ୟ $\frac{1}{4}$ ଭାଗ ହୁଏ ।

ଯଦି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତା ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ତୁଳନାରେ କମ୍, ତେବେ g କୁ g_h ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇଲେ ଏହା ହେବ $g_h = \dfrac{GM}{(R+h)^2}$

$$= \frac{GM}{R^2(1+\frac{h}{r})^2} = \frac{g}{(1+\frac{h}{r})^2} \qquad (5.9)$$

ଏଠାରେ $g = \dfrac{GM}{R^2}$ ହେଉଛି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ତ୍ୱରଣ

ତେଣୁ , $\dfrac{g}{g_h} = \left(1+\dfrac{h}{r}\right)^2 = 1 + \dfrac{2h}{R} + \dfrac{h^2}{R^2}$

$\because \left(\dfrac{h}{R}\right)$ ଏକ ଅତି ଛୋଟ ରାଶି, ତେଣୁ $\left(\dfrac{h}{R}\right)^2$ ଆହୁରି କ୍ଷୁଦ୍ରତର ହେବ । ଏହାକୁ ନଗଣ୍ୟ ବୋଲି ଧରିନେଲେ $\dfrac{g}{g_h} = 1 + \dfrac{2h}{R}$ ହେବ ।

ତେଣୁ $g_h = g\left(1+\dfrac{2h}{R}\right)^{-1}$ ହେବ । (5.10)

ଏକ ଉଦାହରଣ ଦ୍ୱାରା ଏହା ସହଜରେ ବୁଝି ହେବ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଉଦାହରଣ 5.2

ଆଧୁନିକ ଉଡ଼ାଜାହାଜ ସାଧାରଣତଃ 10km ରୁ ଅଧିକ ଉଚ୍ଚତାରେ ଉଡ଼ନ୍ତି । 10 km ଉଚ୍ଚତାରେ g ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା । ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 6400 km ଏବଂ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ g ର ମୂଲ୍ୟ 9.8 m/s^2 ଅଟେ ।

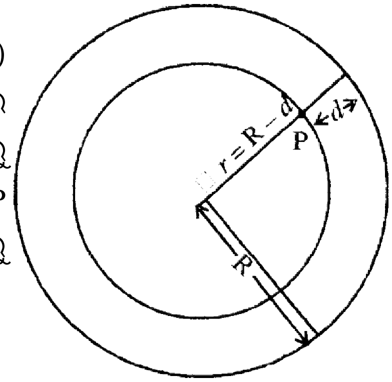
ସମାଧାନ :

ସମୀକରଣ (5.8) ରୁ ପାଇବା ଯେ

$$g_h = \frac{g}{1+\frac{2 \times 10km}{6400km}} = \frac{9.8}{1+0.003125} \simeq 9.77\ ms^{-2}$$

5.3.2 ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଗଭୀରତା ସହିତ g ର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଗଭୀରତା d ରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁ ନିଆଯାଉ (ଚିତ୍ର 5.4) ମନେକର ପୃଥିବୀ ହେଉଛି ρ ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲାକାର ପିଣ୍ଡ । ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ d ଗଭୀରତାରେ ଥିବା ଏହି ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତା ଭୂକେନ୍ଦ୍ରରୁ ହେବ (R–d) । (R–d) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗୋଲକ ଅଙ୍କନ କର । P ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା ଏକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିମ୍ନସ୍ଥ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଥିବା ଅଂଶରୁ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ଅନୁଭବ କରିବ । (ଚିତ୍ର 5.4)



ଚିତ୍ର 5.4 : d ଗଭୀରତାରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁର ଭୂକେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଦୂରତା r =R–d ଅଟେ ।

(i) d ମୋଟେଇ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲାକାର ସେଲ୍ (shell) ରୁ ଏବଂ

(ii) r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକରୁ ଏହା ଦର୍ଶାଯାଇ ପାରିବ ଯେ ସେଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମସ୍ତ କଣିକା ଯୋଗୁଁ ଏହି ବଳଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ (cancel) କରିବେ । ତେଣୁ ସେଲ୍‌ରେ ଥିବା ଜଡ଼ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା କଣିକା ଉପରେ ନେଟ୍ ବଳ ଶୂନ୍ ହେବ । ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁରେ (R–d) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲାକାର ଅଂଶର ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ହିଁ ଅନୁଭୂତ ହେବ । ଏହି (R–d) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଂଶର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେବ $M' = \frac{4}{3}\pi\rho(R-d)^3$ (5.10)

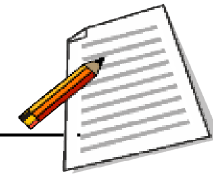
ତେଣୁ ଏହି ଅଂଶ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ହେବ

$$F = \frac{GM'm}{(R-d)^2}$$

ଯଦି ଏ ବିନ୍ଦୁରେ g ର ମୂଲ୍ୟ g_d ହୁଏ, ତେବେ $mg_d = \frac{GM'm}{(R-d)^2}$ ହେବ

ଅର୍ଥାତ୍ $g_d = \frac{GM'}{(R-d)^2}$ ହେବ ବା $g_d = \frac{G}{(R-d)^2} \cdot \frac{4}{3}\pi\rho(R-d)^3$ ହେବ ।

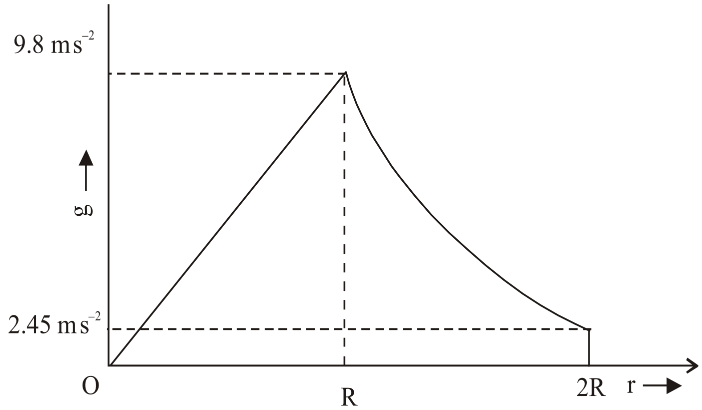
$$\Rightarrow g_d = \frac{4}{3}\pi G\rho(R-d) \text{ ହେବ ।} \qquad (5.11)$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ d ର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ (R –d) କ୍ରମଶଃ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏଣୁ ସମୀକରଣ (5.11) ଅନୁଯାୟୀ d ର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ g_d କ୍ରମଶଃ ହ୍ରାସ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏଣୁ d = R ବେଳେ ଅର୍ଥାତ୍ ପୃଥିବୀର-କେନ୍ଦ୍ରରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ଶୂନ୍ ହୁଏ ।

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ (R –d) = r ହେଲେ, r ହେଉଛି ପୃଥିବୀ ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁର ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଦୂରତା । ତେଣୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ r ସହିତ ସମାନୁପାତୀ



ଚିତ୍ର 5.5 : ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଦୂରତା ସହିତ g ର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ଚିତ୍ର 5.5 ରେ ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଏହାର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୂରତା r ସହିତ g ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗ୍ରାଫ୍‌ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସମୀକରଣ (5.11) ରେ d = 0 ବ୍ୟବହାର କରି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ମିଳିବ ।

$$g = \frac{4\pi G}{3}\rho R = g$$

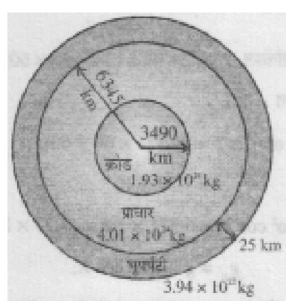
ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ସହଜରେ ଦେଖି ପାରିବା ଯେ,

$$g_d = g\frac{(R-d)}{R} = g\left(1-\frac{d}{R}\right),\ 0 \le d \le R \qquad (5.12)$$

ସମୀକରଣ (5.9) ଓ (5.12) ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ **ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଉଚ୍ଚତା ସହିତ ଏବଂ ସେଠାରୁ ଗଭୀରତା ସହିତ g ର ମୂଲ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଏ** । ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଏହି ମୂଲ୍ୟ ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ।

ଭୂ-ଅଭ୍ୟନ୍ତରର ସଂରଚନା

ଚିତ୍ର 5.6 କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କଲେ ସ୍ପଷ୍ଟ ହୁଏ ଯେ ପୃଥିବୀର ଅଧିକାଂଶ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହାର କେନ୍ଦ୍ର ଭାଗରେ ହିଁ ରହିଛି । ପୃଷ୍ଠଦେଶର ସ୍ତର ଅପେକ୍ଷାକୃତ ହାଲୁକା । ଅଳ୍ପ ଗଭୀରତା ପାଇଁ, ବସ୍ତୁତ୍ୱର ହ୍ରାସ g ର କଳନା ନିମିତ୍ତ ହିସାବକୁ ନିଆଯିବ ନାହିଁ ଯଦିଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ ଅଳ୍ପ କିଛି ଗଭୀରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ g ର ମୂଲ୍ୟ ବଢ଼ିଥାଏ ଏବଂ ତାପରେ କମିବାକୁ ଲାଗେ । ସେଥିପାଇଁ ପୃଥିବୀ ଯେ ଏକ ସମସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକ, ଏହି ସ୍ୱୀକାର ପୂରାପୁରି ଠିକ୍ ନୁହେଁ ।



ଚିତ୍ର 5.6 : ଭୂଅଭ୍ୟନ୍ତରର ସଂରଚନା (ଠିକ୍ ସ୍କେଲ୍‌ରେ ନୁହେଁ) ପୃଥିବୀର ତିନୋଟି ପ୍ରଧାନ ସ୍ତର ସେଗୁଡ଼ିକର ଆନୁମାନିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ଟିପ୍ପଣୀ

5.3.3 ଅକ୍ଷାଂଶ ସହିତ g ର ପରିବର୍ତ୍ତନ (Variation of g with latitude)

ପୃଥିବୀ ଏହାର ଅକ୍ଷ ଚାରିପଟେ ଆବର୍ତ୍ତନ କରେ । ଏଥିପାଇଁ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ରହିଥାଏ । ଯଦି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷର ବଳ ନ ଥାନ୍ତା, ଏହି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଉକ୍ତ ବୃତ୍ତୀୟ ପଥ ପ୍ରତି ଥିବା ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ଛିଟିକି ଉଡ଼ିଯାଇ ପଡ଼ନ୍ତେ । ସେଥିପାଇଁ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଥବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ଏହି ବଳ ଯୋଗୁଁ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହ ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇ ରହିଥାଆନ୍ତି । ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ କୌଣସି ଏକ କଣିକାର ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ପାଇଁ ଏକ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ ଏହି କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳର ଭୂମିକା ନିର୍ବାହ କରେ । ଫଳତଃ ଭୂପୃଷ୍ଠର ବସ୍ତୁଟିଏ ଉପରେ ରହିଥିବା ପୃଥିବୀର ଆକର୍ଷଣ ଅଳ୍ପ କିଛି କମ୍ ହୁଏ । ଭୂ-ଆବର୍ତ୍ତନର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରଭାବ ନିରକ୍ଷ ରେଖା ନିକଟରେ ହିଁ ରହିଥାଏ । ମେରୁ ନିକଟରେ ଏହି ପ୍ରଭାବ ପ୍ରାୟତଃ ନ ଥାଏ । କୌଣସି ବ୍ୟୁତ୍ପତ୍ତି ବିନା ବର୍ତ୍ତମାନ ଦେଖିବା ଅକ୍ଷାଂଶ ସହିତ g କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର ଅକ୍ଷାଂଶ l ରେ $g = g_l$ ଏବଂ ମେରୁରେ $g = g$ । ତେବେ

$$g_l = g - Rw^2 \cos l \qquad (5.13)$$

ଏଠାରେ w ହେଉଛି ପୃଥିବୀ ଆବର୍ତ୍ତନର କୋଣୀୟ ବେଗ ଏବଂ R ହେଉଛି ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ । ମେରୁରେ $l = 90^0$, ତେଣୁ $g_l = g$

ଉଦାହରଣ 5.3

ମେରୁରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ମେରୁରେ ଭୂବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= 6357\ km = 6.357 \times 10^6 m$

ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= 5.97 \times 10^{24}\ kg$

ସମୀକରଣ (5.7) ଅନୁଯାୟୀ ମେରୁରେ $g = \dfrac{(6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24})}{(6.357 \times 10^6)^2} ms^{-2}$

$= 9.8536\ ms^{-2}$

ଉଦାହରଣ 5.4 : $l = 60^0$ ସ୍ଥାନରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କର । ପୃଥିବୀ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 6371 km ବୋଲି ଧରିନିଅ ।

ସମାଧାନ : ପୃଥିବୀର ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ I = 24 ଘଣ୍ଟା = 24 x 60 x 60 ସେକେଣ୍ଡ

\ ଭୂ ଆବର୍ତ୍ତନର ଆବୃତ୍ତି $= \dfrac{1}{T}$

ଏହାର କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି $= 2p/T = \dfrac{2\pi}{24 \times 60 \times 60} = 7.27 \times 10^{-5}$

$Rw^2 \cos l = 6.371 \times 10^6 \times (7.27 \times 10^{-5}) \times \cos 60^0$

$= 16.8363 \times 10^{-4} = 0.01684\ ms^{-2}$

ଯେହେତୁ $g_l = g - Rw^2 \cos l = 9.8530 - 0.01684$, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ଯେ,

g_l (60^0 ଅକ୍ଷାଂଶରେ) $= 9.853 - 0.017 = 9.836\ ms^{-2}$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.3

1. କେତେ ଉଚ୍ଚତା ଉପରକୁ ଗଲେ g ର ମୂଲ୍ୟ ଏହାର ଭୂପୃଷ୍ଠର ମୂଲ୍ୟର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ହେବ, କଳନା କର ।

....

2. ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ କେତେ ଗଭୀରତାରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ଏହାର ଭୂପୃଷ୍ଠ ମୂଲ୍ୟର ୪0% ହେବ, କଳନା କର ।

....

3. ଦିଲ୍ଲୀର ଅକ୍ଷାଂଶ ପ୍ରାୟ 30^0 ଉତ୍ତର ଅଟେ । ତେବେ ଦିଲ୍ଲୀରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ଏବଂ ମେରୁରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ତୁଳନା କର ।

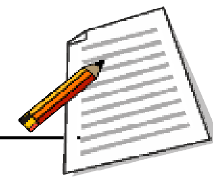
....

4. ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ 1000 km ଉଚ୍ଚତାରେ ଥିବା କକ୍ଷରେ ଏକ ଉପଗ୍ରହ ପୃଥିବୀକୁ ପରିକ୍ରମଣ କରେ । ଉକ୍ତ ଉପଗ୍ରହଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ g କଳନା କର ।

   (i) ସମୀକରଣ (5.9) ବ୍ୟବହାର କରି,

   (ii) ଭୂକେନ୍ଦ୍ରରୁ ଏକ ସ୍ଥାନର ଉଚ୍ଚତା r ହେଲେ, g ହେଉଛି $\frac{1}{r^2}$ ସହ ସମାନୁପାତୀ - ଏହି ସମ୍ପର୍କଟି ବ୍ୟବହାର କରି ଉକ୍ତ ଦୁଇଟି ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ତୁମ ମତରେ ଅଧିକ ଉପାଦେୟ ଓ କାହିଁକି ?

....



ଟିପ୍ପଣୀ

5.4 ଓଜନ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ

ଯେଉଁ ବଳ ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଭୂକେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ, ତାହାକୁ ସେହି ବସ୍ତୁର ଓଜନ w କୁହାଯାଏ । W ସହିତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ର ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି

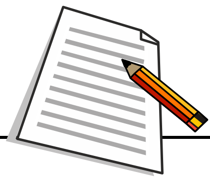
$$W = mg \qquad (5.14)$$

ଓଜନ ଏକ ବଳ ହୋଇଥିବା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହାର ଏକକ ହେଉଛି ନିଉଟନ । ଯଦି ତୁମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m=50kg ହୁଏ, ତେବେ ତୁମର ଓଜନ ହେବ $50kg \times 9.8\ ms^{-2} = 490N$

ଯେହେତୁ g ସ୍ଥାନ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତେଣୁ ଏକ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ମେରୁରେ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ସର୍ବାଧିକ ଏବଂ ବିଷୁବ ବୃତ୍ତରେ ଏହି ଓଜନ ସର୍ବନିମ୍ନ ଅଟେ । ଏପରି ହେବାର କାରଣ ହେଲା ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମେରୁରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ଏବଂ ବିଷୁବ ବୃତ୍ତରେ ସର୍ବାଧିକ । ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଅଧିକ, ଅଧିକ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଗଲେ g ର ମାନ କମି କମି ଯାଏ । ସେହିପରି ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଗଭୀରରୁ ଅଧିକ ଗଭୀର ସ୍ଥାନକୁ ଗଲେ g ର ମାନ ମଧ୍ୟ କମି କମି ଯାଏ ।

ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କିନ୍ତୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବସ୍ତୁର ଏକ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଗୁଣ । ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତି ନିର୍ବିଶେଷରେ ଏହାର ମାନ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଥାଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ - ସାଧାରଣ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଓଜନକୁ ସମାନ ଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରିଥାଉ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବାଲାନ୍ସ ଦ୍ୱାରା ଓଜନ ହିଁ ମାପ କରାଯାଏ, କିନ୍ତୁ ଏହା kg ରେ ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ (N ରେ ନୁହେଁ) ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 5.2

ଭୂକେନ୍ଦ୍ରରୁ 2R, 3R, 4R, 5R ଏବଂ 6R ଦୂରତାରେ ଏକ 50 kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଜିନିଷର ଓଜନ ଗୁଡ଼ିକ ହିସାବ କର । ଏହି ସବୁ ଦୂରତା ଓ ତତ୍‌ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଓଜନ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କର । ଦୂରତା ସହିତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କିପରି ବଦଳେ, ସେହି ଗ୍ରାଫ୍‌ରେ ଅଙ୍କନ କରି ଦର୍ଶାଅ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଓଜନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତୁମ ଧାରଣାର ଦୃଢ଼ୀକରଣ ନିମିତ୍ତ ନିମ୍ନସ୍ଥ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର ଦେବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.4

1. ମନେକର ତୁମେ ଚନ୍ଦ୍ରରେ ଅବତରଣ କଲ । ତୁମର ଓଜନ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସେଠାରେ କିପରି ପ୍ରଭାବିତ ହେବ, ଲେଖ ।

   ....

2. ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ତୁମର ଓଜନ ସହିତ ମଙ୍ଗଳ ପୃଷ୍ଠରେ ତୁମର ଓଜନକୁ ତୁଳନା କର । ଦତ୍ତ ଯେ – ମଙ୍ଗଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 6×10^{23}kg ଏବଂ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= 4.3 \times 10^{6}$ m । ଏହି ଦୁଇ ସ୍ଥାନରେ ତୁମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କ'ଣ ହୁଏ ?

   ....

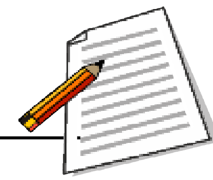
3. ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଓଜନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ତରାଜୁ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବାର ତୁମେ ଦେଖିଥିବ । ଗୋଟିଏ ପ୍ରକାର ତରାଜୁରେ ଏକ ପଲାରେ ବସ୍ତୁଟି ରଖି ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପଲାଟିରେ ଓଜନ ଗୁଡ଼ିକ ରଖି ଏହି ତୁଳନା କରାଯାଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାର ତରାଜୁଟି ହେଉଛି ସ୍ପ୍ରିଂ ନିକିତି ।

ଏଥିରେ ଝୁଲୁଥିବା ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରୁ ଅଙ୍କୁଶ ସାହାଯ୍ୟରେ ବସ୍ତୁଟିକୁ ତଳକୁ ଝୁଲାଯାଏ । ସ୍ପ୍ରିଂଙ୍ଗଟି ଟାଣି ହୋଇ ଯିବାରୁ ଏହା ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ଏକ ସୂଚକ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବେ ଥିବା ସ୍କେଲ୍ ଉପରେ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ଓଜନଟି ଦର୍ଶାଏ । ମନେକର ଉଭୟ ପ୍ରକାର ତରାଜୁରେ ତୁମେ ଏକ ବ୍ୟାଗ୍ ଆଳୁ ଓଜନ କରୁଛ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକରେ ସମାନ ପରିମାଣ ସୂଚୀତ ହେଉଛି । ତୁମେ ଉଭୟ ତରାଜୁକୁ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ନେଇଗଲେ ଉଭୟ ତରାଜୁରେ ମାପର ମାନ ମଧ୍ୟରେ କିଛି ପାର୍ଥକ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହେବ କି ? କାହିଁକି ?

....

5.5 ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେପ୍‌ଲରଙ୍କ ନିୟମ

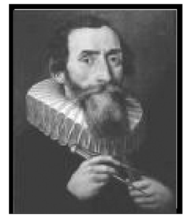
ପୂର୍ବକାଳରେ ଲୋକଙ୍କର ବିଶ୍ୱାସ ଥିଲା ଯେ ଖଗୋଳୀୟ ପିଣ୍ଡ ବା ନଭୋ ପିଣ୍ଡ (heavenly bodies) ଗୁଡ଼ିକ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରନ୍ତି । ଗ୍ରୀକ୍ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଦଗଣ ମଧ୍ୟ ଏହି ଧାରଣାର ସମର୍ଥକ ଥିଲେ । ପୃଥ୍ୱୀ କୈନ୍ଦ୍ରିକ ବିଶ୍ୱ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବିଶ୍ୱାସ ଏତେ ଦୃଢ଼ ଥିଲା ଯେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ପରିକ୍ରମଣ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରମାଣ ଉପେକ୍ଷିତ ହେଉଥିଲା । ତଥାପି ଏହିପରି ଏକ ସାର୍ବଜନୀନ ବିଶ୍ୱାସ ବଳବତ୍ତର ଥିବା ସତ୍ତ୍ୱେ 15ଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ପୋଲାଣ୍ଡର ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଦ କୋପରନିକସ୍ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ସମସ୍ତ ଗ୍ରହ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରନ୍ତି । ଷୋଡ଼ଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ନିଜର ଖଗୋଳୀୟ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଗୁଡ଼ିକର ଭିତ୍ତିରେ ଗାଲିଲିଓ କୋପରନିକସଙ୍କ ମତବାଦକୁ ସମର୍ଥନ ଜଣାଇଲେ । ଟାଇକୋ ବ୍ରାହେ (Tycho Brahe) ନାମକ ଅନ୍ୟ ଜଣେ ୟୁରୋପୀୟ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଦ ଗ୍ରହମାନଙ୍କ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଅନେକ ଗୁଡ଼ିଏ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସଂଗ୍ରହ କରିଥିଲେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉକ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ଆଧାରରେ ତାଙ୍କର ସହାୟକ କେପଲର ଗ୍ରହମାନଙ୍କ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଣୟନ କରିଥିଲେ ।

ଜୋହାନ୍‌ସ କେପ୍‌ଲର୍



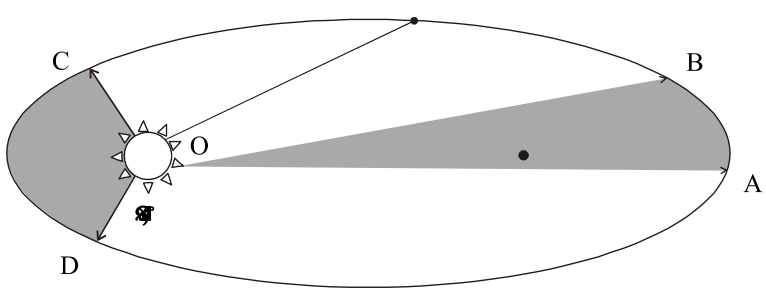
ଜର୍ମାନୀରେ ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ଜୋହାନ୍‌ସ କେପ୍‌ଲର୍ (Johannes Kepler) ଟାଇକୋ ବ୍ରାହେ (Tycho Brahe)ଙ୍କର ଜଣେ ସହକାରୀ ଭାବେ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନରେ ତାଙ୍କର କର୍ମମୟ ଜୀବନ ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ । ଧର୍ମ ପରାୟଣ ଟାଇକୋ ପ୍ରାୟ 20 ବର୍ଷରୁ ଅଧିକ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୈନନ୍ଦିନ ଭିତ୍ତିରେ ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ରହମାନଙ୍କର ଅବସ୍ଥିତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତଥ୍ୟ ସଂଗହ କରିଥିଶଲ । ତାଙ୍କ ମୃତ୍ୟୁ ପରେ ସେହି ତଥ୍ୟଗୁଡ଼ିକ କେପ୍‌ଲରଙ୍କୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହେଲା ଏବଂ ସେ ଉକ୍ତ ତଥ୍ୟଗୁଡ଼ିକୁ ତର୍ଜମା କରିବା ନିମିତ୍ତ ତାଙ୍କୁ ପ୍ରାୟ 16 ବର୍ଷ ଲାଗିଥିଲା । ସେହି ତର୍ଜମା ଭିତ୍ତିରେ କେପ୍‌ଲର୍ ଗ୍ରହମାନଙ୍କର ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତିନୋଟି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହୋଇ ନିୟମ ପ୍ରଣୟନ କରିଥିଲେ ।

ସେ ହିଁ ପ୍ରଥମେ ରଶ୍ମି ଚିତ୍ର ମାଧମରେ ଟେଲିସ୍କୋପ୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବର୍ଣ୍ଣନା କରିଥିବା ହେତୁ ତାଙ୍କୁ ଜ୍ୟାମିତିକ ଆଲୋକ ବିଜ୍ଞାନର ପ୍ରତିଷ୍ଠାତା ହିସାବରେ ଗଣନା କରାଯାଏ ।

ପୃଥିବୀ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଘୂରେ ବୋଲି ଦୃଢ଼ ଘୋଷଣା କରିଥିବା ଯୋଗୁଁ ଚର୍ଚ୍ଚ ସହିତ ବିବାଦୀୟ ପରିସ୍ଥିତିର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥିଲେ କାରଣ ଖ୍ରୀଷ୍ଟିୟାନ ଧର୍ମ ମୁଖ୍ୟମାନଙ୍କର ବିଶ୍ୱାସ ଥିଲା ଯେ ପୃଥିବୀ ହିଁ ବିଶ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ର । ଯଦିଓ ତାଙ୍କୁ ଚୁପ୍ କରାଯାଇଥିଲା, ଗାଲିଲିଓ କିନ୍ତୁ ତାଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ଶାନ୍ତ ଭାବରେ ଲିପିବଦ୍ଧ କରି ରଖିଥିଲେ ଯାହାକି ତାଙ୍କ ମୃତ୍ୟୁ ପରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିଲା । ମଜା କଥା ଯେ ବର୍ତ୍ତମାନର ପୋପ୍ ନିକଟ ଅତୀତରେ ତାଙ୍କୁ ଉକ୍ତ ଦୋଷରୁ ମୁକ୍ତ କରିଛନ୍ତି ।

ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ଗତି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରୁଥିବା କେପ୍‌ଲରଙ୍କର ତିନୋଟି ନିୟମ ହେଲା -

1. ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ପରିକ୍ରମଣ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ କକ୍ଷଗୁଡ଼ିକ ଦୀର୍ଘ ବୃତ୍ତାକାର (elliptical) ଏବଂ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଏହାର କୌଣସି ଏକ ଫୋକସ୍‌ରେ ବିଦ୍ୟମାନ ଥାଏ । (ଚିତ୍ର 5.7) (ଦୀର୍ଘ ବୃତ୍ତର ଦୁଇଟି ଫୋକସ୍ ରହିଥାଏ)



ଚିତ୍ର 5.7 : ସୂର୍ଯ୍ୟର ଚାରିପଟେ ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ ପଥ ଦୀର୍ଘ ବୃତ୍ତାକାର ଯାହାର ଦୁଇଟି ଫୋକସ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକରେ ଥାଏ ସୂର୍ଯ୍ୟର ଅବସ୍ଥିତି । ଯଦି ଏକ ଗ୍ରହ A ରୁ B ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ C ର D ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ ସହ ସମାନ ହୁଏ, ତେବେ କେପ୍‌ଲର୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ AOB କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏବଂ COD କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ସମାନ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

2. ଗ୍ରହକୁ ସୂର୍ଯ୍ୟ ସହ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ଦ୍ୱାରା ଏକକ ସମୟରେ ଅତିକ୍ରାନ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏକ ଧ୍ରୁବକ ଅଟେ (ଚିତ୍ର 5.7)

3. ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳର ବର୍ଗ ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ଗ୍ରହକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ହାରାହାରି ଦୂରତାର ଘନ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ । ଆମେ ଯଦି ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳକୁ T ଓ ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ହାରାହାରି ଦୂରତ୍ୱ r ଭାବରେ ସୂଚାଉ ତେବେ ଅର୍ଥାତ୍ T^2 a r^3

କିଛି ସାବଧାନତା ସହ ଆମେ ତୃତୀୟ ନିୟମଟି ଅନୁଧାନ କରିବା ସମୀଚିନ ହେବ । ମନେ ପକାଅ ଯେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ଗ୍ରହ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ $\frac{1}{r^2}$ ସହ ସମାନୁପାତୀ ବୋଲି ନିଉଟନ୍ ଏହି ତୃତୀୟ ନିୟମକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରିଥିଲେ (ଉଦାହରଣ 5.1) ଯଦି ଦୁଇଟି ଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ T_1 ଓ T_2 ହୁଏ ଏବଂ r_1 ଓ r_2 ଯଥାକ୍ରମେ ସେମାନଙ୍କର ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ହାରାହାରି ଦୂରତା ହୁଏ, ତେବେ କେପ୍ଲରଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3} \qquad (5.15)$$

ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗ୍ରହ ପାଇଁ T ଓ r ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ପର୍କର ଅନୁପାତ ହିସାବ କରିବା ବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସମ୍ପର୍କରେ ଥିବା ସମାନୁପାତୀ ଧ୍ରୁବାଙ୍କଟି କଟିଯାଏ । ସମୀକରଣ (5.15) ଏକ ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ସମ୍ପର୍କ । T_1, r_1 ଓ r_2 ଜଣାଥିଲେ ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି T_2 ସହଜରେ ହିସାବ କରିହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 5.5 : ଯଦି ବୁଧଗ୍ରହର ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ଦୂରତା 57.9×10^9m ହୁଏ, ତେବେ ଏହାର କକ୍ଷୀୟ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ ନିରୂପଣ କର । ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ପୃଥିବୀର ଦୂରତା ହେଉଛି 1.5×10^{11}m

ସମାଧାନ :

ପୃଥିବୀର ନିଜ କକ୍ଷରେ ପରିକ୍ରମଣ କାଳ 365.25 ଦିନ

i.e. $T_1 = 365.25$ ଦିନ

$r_1 =$ ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ପୃଥିବୀର ଦୂରତା $= 1.5 \times 10^{11}$m

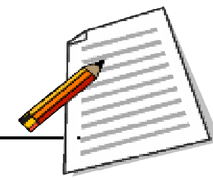
$r_2 =$ ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ବୁଧର ଦୂରତା $= 57.9 \times 10^9\text{m} = 0.579 \times 10^{11}$m

$T_2 =$ ବୁଧର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ?

କେପଲର୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ , $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ ତେଣୁ $T_2^2 = \frac{r_2^3 T_1^2}{r_1^3}$

$$= \frac{(365.25)^2 \times (0.579 \times 10^{11})^3 \text{m}^3}{(1.5 \times 10^{11})^3 \text{m}^3} = 87.6 \text{ ଦିନ}$$

ସେହି ଏକା ପ୍ରକାରେ ଅନ୍ୟ ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ । ନିମ୍ନରେ ଏ ସଂପର୍କରେ ତଥ୍ୟ ଦିଆଯାଇଛି । ସାରଣୀ 5.1 ରେ ତୁମେ ତୁମର ହିସାବ କରିଥିବା ସମୟର ସଠିକତା ଯାଞ୍ଚ କରିପାରିବ ।



ସାରଣୀ 5.1 (Table 5.1)

ସୌର ଜଗତର ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେତେକ ତଥ୍ୟ

ଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ନାମ	ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ହାରାହାରି ଦୂରତା (ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ପୃଥିବୀର ଦୂରତା ତୁଳନାରେ)	ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ($x10^3$km)	ବସ୍ତୁତ୍ୱ (ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତୁଳନାରେ)
ବୁଧ	0.387	2.44	0.53
ଶୁକ୍ର	0.72	6.05	0.815
ପୃଥିବୀ	1.00	6.38	1.00
ମଙ୍ଗଳ	1.52	3.39	0.107
ବୃହସ୍ପତି	5.2	71.40	317.8
ଶନି	9.54	60.00	95.16
ୟୁରାନସ୍	19.2	25.4	14.50
ନେପଚ୍ୟୁନ୍	30.1	24.3	17.20
ପ୍ଲୁଟୋ	39.4	1.50	0.002

ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଏକତ୍ର ବାନ୍ଧି ରଖୁଥିବା ବଳ ମହାକର୍ଷଣ ବଳର ପ୍ରକୃତି ଅନୁରୂପ ଯେକୌଣସି ତନ୍ତ୍ର (system) ରେ କେପଲଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ପାରିବ । ଉକ୍ତ ନିୟମ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀ, ଚନ୍ଦ୍ର ଏବଂ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଇତ୍ୟାଦି ଭଳି ଏହାର ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

ଉଦାହରଣ 5.6

ଏକ ଉପଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ଏକ ଦିନ ସହ ସମାନ । (ଏପରି ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକୁ ତୁଲ୍ୟକାଳୀ ଉପଗ୍ରହ (Geosynchronous satellites) କହନ୍ତି ।) ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ଚନ୍ଦ୍ରର ଦୂରତା $60R_E$ ଓ ପରିକ୍ରମଣ କାଳ 273 ଦିନ । (R_E ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ) । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ଏହି ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷର ଉଚ୍ଚତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଏବଂ (ଚନ୍ଦ୍ରର ଏହି ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ସ୍ଥିର ବୋଲି ପ୍ରତୀତ ହେଉଥିବା କୌଣସି ତାରକା ତୁଳନାରେ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇଛି । କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀକୁ ସ୍ଥିର ବୋଲି ମନେକରି (ଯଦିଓ ପୃଥିବୀ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରେ) ଚନ୍ଦ୍ରର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ 29.5 ଦିନ ବୋଲି ହିସାବ କରାଯାଇଛି ।)

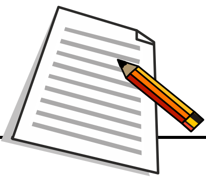
ସମାଧାନ : ଉପଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ = 1 ଦିନ = T_2

ଚନ୍ଦ୍ରର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ 27.3 ଦିନ = T_1

ଯଦି r_1 ଓ r_2 ଯଥାକ୍ରମେ ଚନ୍ଦ୍ରର ଓ ଉପଗ୍ରହର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହୁଏ ତେବେ $r_1 = 60R_E$

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (5.15) ରୁ ପାଇବା ଯେ, $r_2 = \left[\frac{r_1^3 T_2^2}{T_1^2}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{(60^3 R_E^3)(1^2(\text{day})^2)}{(27.3)^2(\text{day})^2}\right]^{\frac{1}{3}}$

$= 6.61\ R_E$



ଟିପ୍ପଣୀ

ମନେରଖ ଯେ ଉପଗ୍ରହର ଦୂରତା ଭୂକେନ୍ଦ୍ରରୁ ହିଁ ମପାଯାଇଛି । ତେଣୁ ଭୂପୃଷ୍ଠର ଏହାର ଉଚ୍ଚତା ଜାଣିବାକୁ ଆମେ 6.6 R_E ରୁ R_E ବିୟୋଗ ହେବ ।

$r_2 - R_E = 6.61\ R_E - R_E = 5.61\ R_E$ ହେଉଛି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉଚ୍ଚତା ।

ଦୂରତାକୁ କିଲୋମିଟରରେ ପାଇବାକୁ ପୃଥିବୀ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧକୁ 5.61 ସହ ଗୁଣନ କରିବାକୁ ହେବ ।

$= 5.61 \times 6.38 \times 10^3\ \text{km} = 35.7918 \times 10^3\ \text{km} = 35791.8\ \text{km}$

5.5.1 ଗ୍ରହମାନଙ୍କର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗ

ଗ୍ରହମାନଙ୍କର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ହିଁ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି । ଯଦି ଏକ ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ T ହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ଦୂରତା r ହୁଏ, ଏହା T ସମୟରେ 2pr ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରେ । ତେଣୁ ଏହାର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗ ହେବ

$$\upsilon_{orb} = \frac{2\pi r}{T} \qquad (5.16)$$

ଏହି କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗ ମଧ୍ୟ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରେ କଳନା କରିହେବ । ଗ୍ରହ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ $\frac{m\upsilon_{orb}^2}{r}$ ଏଠାରେ m ହେଉଛି ଗ୍ରହର ବସ୍ତୁତ୍ୱ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବତଃ ଏହି ବଳ ହେଉଛି ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ଗ୍ରହ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମହାକର୍ଷଣ ବଳ (Gravitational force) । ଯଦି M_S ସୂର୍ଯ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହୁଏ, ତେବେ ଗ୍ରହ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ $\frac{GM_S m}{r^2}$

ଏଣୁ $$\frac{m\upsilon_{orb}^2}{r} = \frac{GM_S m}{r^2}$$

$$\Rightarrow \upsilon_{orb} = \sqrt{\frac{GMs}{r}} \qquad (5.17)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ ଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ବେଗ ଗ୍ରହର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ଏହା କେବଳ ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ଗ୍ରହର ଦୂରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ସମୀକରଣ (5.16) କୁ ସମୀକରଣ (5.17) ରେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ଆମେ ପାଇବା ଯେ,

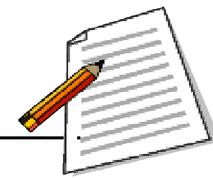
$$\frac{2\pi r}{T} = \sqrt{\frac{GMs}{r}} \Rightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GMs}{r} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GMs}$$

ଅର୍ଥାତ୍ $T^2 \propto r^3$ କେପ୍ଲରଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.5

1. ଆମ ଆକାଶଗଙ୍ଗା (Galaxy) ରେ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ଗ୍ରହୀୟ ତନ୍ତ୍ର (Planetary systems) ଆବିଷ୍କୃତ ହେଲାଣି । ସେ ସମସ୍ତ ପାଇଁ କେପଲରଙ୍କ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଲାଗୁ ହେବ କି ?

....



ଟିପ୍ପଣୀ

2. ଭୂପୃଷ୍ଠଠାରୁ 1000 km ଓ 2000km ଦୂରତାରେ ଥବା କକ୍ଷରେ ଦୁଇଟି କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ପୃଥିବୀକୁ ପରିକ୍ରମଣ କରନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟିର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ଅଧିକ ? ଯଦି ପ୍ରଥମଟିର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ 90 ମିନିଟ୍ ହୁଏ, ଅନ୍ୟଟିର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

....

3. ସେଡ୍‌ନା (sedna) ନାମକ ଏକ ନୂତନ ଗ୍ରହ ଅଳ୍ପ କିଛି ଦିନ ତଳେ ସୌରଜଗତରେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଛି । ଏହା ଭୂପୃଷ୍ଠଠାରୁ ପ୍ରାୟ 16AU ଦୂରତାରେ ଥିବା କକ୍ଷରେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମା କରେ । (ଏକ AU ହେଉଛି ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା । $1\ AU = 1.5 \times 10^{11} m$) ଏହି ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ କଳନା କର ।

....

4. ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରୁଥିବା ଏକ ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗର ପରିମାଣ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।

....

5. ସମୀକରଣ (5.16) ଓ (5.17) କୁ ବ୍ୟବହାର କରି କେପ୍‌ଲର୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ନିଗମନ କର ।

....

5.6 ପଳାୟନ ପରିବେଗ

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଏକ ବଲ୍‌କୁ ସିଧା ଉପରକୁ କୌଣସି ପରିବେଗ ସହ ନିକ୍ଷେପ କଲେ ଏହା ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବରେ ପୁନଶ୍ଚ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଫେରି ଅସେ । ଅଧିକ ବଳ ସହିତ ବଲ୍‌ଟିକୁ ଉପରକୁ ନିକ୍ଷେପ କଲେ ଏହାର ପରିବେଗ କିଛି ଅଧିକ ହୁଏ ଓ ଏହା ଆଉ କିଛି ଅଧିକ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠିଥାଏ କିନ୍ତୁ ପୁନଶ୍ଚ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଫେରିଆସେ । ଏହିପରି ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ସହ ଯଦି ବଲ୍‌ଟିକୁ କ୍ରମଶଃ ନିକ୍ଷେପ କରାଯାଏ ଏହା ଉଚ୍ଚରୁ ଉଚ୍ଚତର ଯାଇ ପୁନଶ୍ଚ ଫେରି ଆସିପାରେ । ମାତ୍ର ଏପରି ଏକ ପରିସ୍ଥିତି ଆସେ ଯେତେବେଳେ ବଲ୍‌ଟିକୁ ଏପରି ଏକ ପରିବେଗ ସହ ନିକ୍ଷେପ କରାଯାଏ ଯଦ୍ୱାରା ଏହା ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବର ପରିସର ବାହାରକୁ ଚାଲିଯାଏ ଏବଂ ସେତେବେଳେ ଆଉ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ତାହା ଫେରି ଆସି ପାରେନା । ଯେଉଁ **ସର୍ବନିମ୍ନ ପରିବେଗ ସହ ବସ୍ତୁଟିଏ ଉପରକୁ ନିକ୍ଷେପ କଲେ ଏହା ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବରୁ ମୁକ୍ତ ହୋଇ ପୁନଶ୍ଚ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଫେରି ପାରେ ନାହିଁ, ତାହାକୁ ବସ୍ତୁଟିର ପଳାୟନ ପରିବେଗ** (escale velocity) କହନ୍ତି ।

ମନେରଖ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ନିକ୍ଷେପ କରାଯାଉଥିବା ବସ୍ତୁଟିର ପଳାୟନ ପରିବେଗ ବସ୍ତୁଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ପରିବେଗ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକଟି ହେଉଛି

$$u_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \qquad (5.18)$$

ଏଠାରେ M ହେଉଛି ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, G ହେଉଛି ମହାକର୍ଷଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ R ହେଉଛି ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ । ଅନ୍ୟ ଏକ ଗ୍ରହ କିମ୍ବା ନଭୋମଣ୍ଡଳୀୟ ବସ୍ତୁ ପାଇଁ ପଳାୟନ ବେଗ ଅନୁରୂପ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏପରି ନୁହେଁ ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ପଳାୟନ ପରିବେଗରେ ନିକ୍ଷେପ କରାଗଲେ ତାହା ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ । ଏହା ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁଟି ଯେତେ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଗତି କରେ ଉଭୟ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଓ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ତଦନୁଯାୟୀ କମି କମି ଯାଏ । ଏପରି ଏକ ସ୍ଥାନ ଗତିପଥରେ ଆସେ ଯେଉଁଠି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଶୂନ୍ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ସେହି ସମୟରେ ଥିବା ପରିବେଗ ସହିତ ବସ୍ତୁଟି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ମୁକ୍ତ ହୁଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ନିମ୍ନ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକ ମାଧ୍ୟମରେ ତୁମେ ଏହି ବିଷୟ କେତେ ବୁଝିଛ, ନିଜକୁ ନିଜେ ପରୀକ୍ଷା କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.6

1. ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 5.97×10^{24} kg ଏବଂ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହେଉଛି 6371 km । ପୃଥିବୀରୁ ଏହି ବସ୍ତୁର ପଳାୟନ ପରିବେଗ କଳନା କର ।

   ....

2. ମନେକର ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖି ଏହାକୁ ଚାପି ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରକୃତ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ କରାଗଲା । ତେବେ ସେତେବେଳେ ପୃଥିବୀରୁ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ପଳାୟନ ପରିବେଗ କେତେ ହେବ, ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   ....

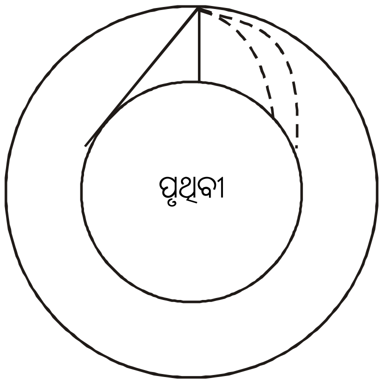
3. ଏପରି ଏକ ଗ୍ରହ କଳ୍ପନା କର ଯାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପୃଥିବୀ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଆଠ ଗୁଣ ଏବଂ ତାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପୃଥିବୀ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଦୁଇଗୁଣ । ପୃଥିବୀରୁ ପଳାୟନ ବେଗ ତୁଳନାରେ ଏହି ଗ୍ରହରୁ ପଳାୟନ ବେଗ କେତେ ହେବ ?

   ....

5.7 କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ (Artificial Satellites)

ଅଷ୍ଟ୍ରେଲିଆର ସିଡ୍‌ନି ଠାରେ ଖେଳାଯାଉଥିବା କ୍ରିକେଟ୍ ମ୍ୟାଚ୍‌କୁ ଆମେ ସିଧା ସିଧା ଭାରତରେ ଦେଖି ପାରୁଛେ । ଆମେରିକାରେ ଖେଳାଯାଉଥିବା ଟେନିସ୍ ଖେଳକୁ ଆମେ ଭାରତରେ ଉପଭୋଗ କରି ପାରୁଛେ । କେବେ ତୁମ ମନରେ ପ୍ରଶ୍ନ ଆସିଛି କି ଏହା କିପରି ସମ୍ଭବ ହୁଏ । ପୃଥିବୀ ଚାରିପେଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରୁଥିବା କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଦ୍ୱାରା ଏହା ସମ୍ଭବ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ତୁମେ ପଚାରିପାର : "ଏକ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହକୁ ଏହାର କକ୍ଷରେ କିପରି ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ?"

ତୁମେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଛ । ଏହି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟକୁ ଭୂମି ସହିତ ଏକ କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଦିଗରେ ଫିଙ୍ଗାଗଲେ ଏହା ଏକ ପରାବଳୟ ପଥରେ ଗତିକରେ । ଅଧିକ ବଳ ସହ ଫିଙ୍ଗା ଯାଉଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ି କଥା ବର୍ତ୍ତମାନ କଳ୍ପନା କର । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯାହା ଘଟେ ତାହା ଚିତ୍ର 5.୪ ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠକୁ ଫେରିଆସିବା ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରନ୍ତି । ଅବଶେଷରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟି ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ଏକ କକ୍ଷରେ ଅବସ୍ଥାପିତ ହୁଏ । ଏହା ଏକ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ହୁଏ । ମନେରଖ ଯେ ଏହି ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ମନୁଷ୍ୟକୃତ ଏବଂ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ସହ ପ୍ରେରିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଚନ୍ଦ୍ରପରି ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାକୃତିକ ଉପଗ୍ରହ ଅଟନ୍ତି ।



ଚିତ୍ର ୫.୫ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ ପାଇଁ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ

ଏକ ଉପଗ୍ରହକୁ କକ୍ଷରେ ସ୍ଥାପନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହାକୁ ପ୍ରଥମେ ପ୍ରାୟ 200 km ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଯାଏ ଯଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସହ ଘର୍ଷଣ ଜନିତ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟକୁ ହ୍ରାସ କରିହୁଏ । ତା ପରେ ଏହାକୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ପ୍ରାୟ 8 kms^{-1} ପରିବେଗ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଏ ।

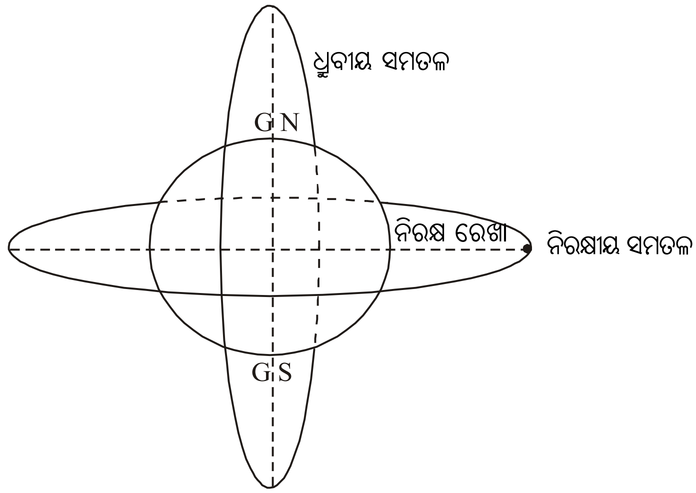
ଏକ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷ କେପ୍‌ଲରଙ୍କ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ମାନନ୍ତି କାରଣ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଉପଗ୍ରହ ଓ ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମହାକାର୍ଷଣ ବଳ ହିଁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣକାରୀ ବଳ ହୁଏ । ଏହି କକ୍ଷ ସ୍ୱଭାବତଃ ଦୀର୍ଘ ବୃତ୍ତୀୟ ଏବଂ ଏହାର ସମତଳ ସର୍ବଦା ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇଯାଏ ।

ମନେରଖ ଯେ ଏକ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗ ପୃଥିବୀରୁ ପଳାୟନ ପରିବେଗ ଠାରୁ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ନଚେତ୍ ଏହା ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କ୍ଷେତ୍ରରୁ ମୁକ୍ତ ହୋଇଯିବ ଏବଂ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରି ପାରିବ ନାହିଁ । ପୃଥିବୀକୁ ପ୍ରାୟ ଲାଗିରହିଥିବା ଏକ ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗ ପାଇଁ ଥିବା ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଓ ପୃଥିବୀରୁ ପଳାୟନ ପରିବେଗ ପାଇଁ ଥିବା ବ୍ୟଞ୍ଜକରୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ଯେ

$$v_{\text{orb}} = \frac{v}{\sqrt{2}} \qquad (5.19)$$

ସାଧାରଣତଃ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ଯେଉଁ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ହୋଇଥାନ୍ତି, ତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି ସେଗୁଡ଼ିକର ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇ ପ୍ରକାର କକ୍ଷ ରହିଥାଏ (ଚିତ୍ର 5.9) । ଦୂର ସଂବେଦ ପରି (remote sensising) କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଥିବା ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକର ଧ୍ରୁବୀୟ କକ୍ଷ (polar orbit) ଥାଏ । ଏହି କକ୍ଷଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟ 800 km ଉଚ୍ଚତାରେ ରହିଥାଏ । ଯଦି ଏହି କକ୍ଷ 300 km ରୁ କମ୍ ଉଚ୍ଚତାରେ ରହେ, ତେବେ ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଥିବା କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ଉପଗ୍ରହ ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ଏହାର ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ଘଟେ । ଫଳତଃ ଏହା ଅଧିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା ନିମ୍ନତର କକ୍ଷକୁ ଯାଇଥାଏ । ସେଠାରେ ଏହା ପୋଡ଼ିଯାଏ । ଧ୍ରୁବୀୟ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର କକ୍ଷୀୟ ଭ୍ରମଣକାଳ ପ୍ରାୟ 100 ମିନିଟ୍ । ଏକ ଧ୍ରୁବୀୟ ଉପଗ୍ରହକୁ **ସୂର୍ଯ୍ୟ-ସମକାଳିକ,** (sun-synchronous) କରିବା ସମ୍ଭବ, ଯଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଦିନ ଏହା ଦିନର ଏକା ସମୟରେ ସମାନ ଅକ୍ଷାଂଶରେ ପହଞ୍ଚିଥାଏ । ବାରମ୍ବାର ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ସମୟରେ ଉପଗ୍ରହଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୃଥିବୀ ଏହା ଅକ୍ଷଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମଣ କରୁଥିବା ବେଳେ ତନ୍ନ ତନ୍ନ ଭାବରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରିଥାଏ (ଚିତ୍ର 5.10) ।

ଏହି ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ପାଣିପାଗର ପ୍ରାକ୍‌ସୂଚନା, ବନ୍ୟା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ, ଫସଲ, ଜଙ୍ଗଲ ନିଆଁ ଇତ୍ୟାଦି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ତଥ୍ୟ ସଂଗ୍ରହ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ।



ଚିତ୍ର 5.9 ନିରକ୍ଷୀୟ ଓ ଧ୍ରୁବୀୟ କକ୍ଷ

ଯୋଗାଯୋଗ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକ ଉଚ୍ଚତାରେ ନିରକ୍ଷୀୟକକ୍ଷରେ ସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି । ଏପରି ଅଧିକାଂଶ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ **ଭୂ-ସମକାଳିକ ବା ଜିଓସିଙ୍କ୍ରୋନସ୍** (geo-synchronous) ଅଟନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ ଏଗୁଡ଼ିକର କକ୍ଷୀୟ ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ପୃଥିବୀର ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ 24 ଘଣ୍ଟା ସହିତ ସମାନ । ସେମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତା, ତୁମେ ଯେପରି ଉଦାହରଣ 5.6 ରେ ଦେଖିଥିଲେ, ପ୍ରାୟ 36000 km ରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇଥାଏ । ଯେହେତୁ ସେମାନଙ୍କର କକ୍ଷୀୟ ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ପୃଥିବୀର ଅନୁରୂପ କାଳ ସହିତ ମିଶିଯାଏ ସେଗୁଡ଼ିକ ପୃଥିବୀର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଉଡନ୍ତା ଅବସ୍ଥାରେ ଦେଖାଯାନ୍ତି । ଏହିପରି ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ମିଶ୍ରଣ ସମଗ୍ର ପୃଥିବୀକୁ ଆଚ୍ଛନ୍ନ କରିଥାଏ ଏବଂ ତଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀର ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରୁ ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନକୁ ସବୁସମୟରେ ସୂଚନା ସଙ୍କେତ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଇପାରେ । ଯେହେତୁ ଏକ ଭୂ-ସମକାଳିନ ଉପଗ୍ରହ ପୃଥିବୀର ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ସ୍ଥାନକୁ ସବୁ ସମୟରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରୁଥାଏ ତେଣୁ ପ୍ରବଳ ଝଡ଼, ବାତ୍ୟାପରି ଅଧିକ ସମୟପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଲାଗି ରହୁଥିବା ଅସାଧାରଣ ଘଟଣାଗୁଡ଼ିକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ ଏଗୁଡ଼ିକ ବ୍ୟବହୃତ କରାଯାଇପାରେ ।

ଚିତ୍ର 5.10 ପୃଥିବୀ କୁ ତନ୍ନ ତନ୍ନ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରୁଥିବା ଏକ ସୂର୍ଯ୍ୟ-ସମକାଳିକ ଉପଗ୍ରହ

ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକର ଉପଯୋଗ

କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ମନୁଷ୍ୟ ସମାଜ ପାଇଁ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଦରକାରୀ ହୋଇ ପାରିଛନ୍ତି । ନିମ୍ନରେ ସେଗୁଡ଼ିକର କେତେକ ଉପଯୋଗ ଦିଆଯାଇଛି :

1. ପାଣିପାଗ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପ୍ରାକ୍ ସୂଚନା : ଦୀର୍ଘମିଆଦୀ ଓ ସ୍ୱଳ୍ପ ମିଆଦୀ ପାଣିପାଗ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରାକ୍ ସୂଚନାରେ ଦରକାରୀ ହେଉଥିବା ସମସ୍ତ ତଥ୍ୟ ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକ ସଂଗ୍ରହ କରନ୍ତି ।

ଟେଲିଭିଜନ୍ କିମ୍ବା ଖବରକାଗଜରେ ତୁମେ ପ୍ରତିଦିନ ଦେଖୁଥିବା ପାଣିପାଗ ତାଲିକା ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ପଠାଉଥିବା ତଥ୍ୟରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ । ଯଥାର୍ଥ ସମୟରେ ବର୍ଷା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରୁଥିବା ଭାରତ ପରି ଦେଶ ପାଇଁ ମୌସୁମୀ ବାୟୁର ପ୍ରବେଶ ଓ ଅଗ୍ରଗତି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉପଗ୍ରହରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ତଥ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ପାଣିପାଗ ବ୍ୟତୀତ ବିସ୍ତୃତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶସ୍ୟ ହାନିର ସମ୍ଭାବନା ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥାଆନ୍ତି, ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବନ୍ୟା, ଜଙ୍ଗଲ ଅଗ୍ନିବିପ୍ଳାତ ଓ ଅଗ୍ରଗତି ଇତ୍ୟାଦି ବିଷୟରେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କୁ ସତର୍କ କରାଇଥାନ୍ତି ।

2. ନୌ ସଞ୍ଚାଳନ : ଅଳ୍ପ କିଛି ଉପଗ୍ରହ ଏକତ୍ର ପୃଥିବୀ ଉପରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଅବସ୍ଥିତି ନିର୍ଭୁଲ୍ ଭାବରେ ଦର୍ଶାଇ ପାରନ୍ତି । ଯଦି ଆମେ ହଜ ଯାଇଥାଉ କିମ୍ବା ପଥବଣା ହୋଇଯାଇଥାଉ ସେତେବେଳେ ଆମର ଅବସ୍ଥିତି ଠିକ୍ ଭାବରେ ଦର୍ଶାଇବା ପାଇଁ ଏହା ବହୁତ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ବିସ୍ତୃତ ସ୍ଥଳଭାଗର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ମାନଚିତ୍ର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ପାଇଁ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଛନ୍ତି, ଯାହାକି ଅନ୍ୟ ଉପାୟରେ ଅନେକ ସମୟ ଓ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ କରେ ।

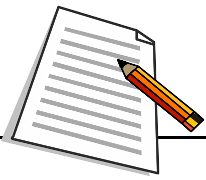
3. ଦୂର ସଞ୍ଚାର : ପୃଥିବୀର ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରୁ ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନକୁ ଦୂରଦର୍ଶକ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମର ସଂଚାର ଉପଗ୍ରହ ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ସମ୍ଭବ ହୋଇ ପାରିଛି ସେ ବିଷୟରେ ଆମେ ଆଗରୁ ଉଲ୍ଲେଖ କରିଛୁ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ଦୂରଦର୍ଶନ ସଂକେତ ବ୍ୟତୀତ ଟେଲିଫୋନ୍ ଓ ରେଡ଼ିଓ ସଂକେତ ସଂଚାରିତ ହୁଏ । କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅଣାଯାଇଥିବା ଯୋଗାଯୋଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିପ୍ଳବ ସମଗ୍ର ଜଗତକୁ ଏକ ଛୋଟ ସ୍ଥାନରେ ପରିଣତ କରିଛି ଯାହାକୁ କି ବେଳେବେଳେ ଜାଗତିକ ଗ୍ରାମ କୁହାଯାଏ ।

4. ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗବେଷଣା : ପୃଥିବୀ, ଚନ୍ଦ୍ର, ଧୂମକେତୁ, ଗ୍ରହ ସମୂହ, ସୂର୍ଯ୍ୟ, ତାରକାସବୁ ଏବଂ ଗାଲାକ୍ସି ସବୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ମହାକାଶକୁ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ପଠାଇବାରେ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରନ୍ତି । ହବ୍‌ଲ୍ ସ୍ପେସ୍ ଟେଲିସ୍କୋପ୍ ଓ ଚନ୍ଦ୍ର ଏକ୍ସ୍‌ରେ ଟେଲିସ୍କୋପ୍ ବିଷୟରେ ତୁମେ ନିଶ୍ଚୟ ଶୁଣିଥିବ ।

ମହାକାଶରେ ଟେଲିସ୍କୋପଟିଏ ରଖିବାର ସୁବିଧା ଏହି ଯେ ଦୂରବସ୍ତୁରୁ ଆସୁଥିବା ଆଲୋକକୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ଆସିବା ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼େନା । ତେଣୁ ତୀବ୍ରତାରେ କିଛି ହିଁ ହ୍ରାସ ଘଟିନଥାଏ । ଏହି କାରଣରୁ ଅନ୍ୟ ଭୌତିକ ଟେଲିସ୍କୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିଆଯାଇଥିବା ଚିତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ତୁଳନାରେ ହବଲ୍ ସ୍ପେସ୍ ଟେଲିସ୍କୋପ୍ ଦ୍ୱାରା ନିଆଯାଉଥିବା ଚିତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଅନେକ ଉନ୍ନତମାନର ହୋଇଥାଏ ।

ସୌରଜଗତ ବାହାରେ 20 ଆଲୋକବର୍ଷ ଦୂରତାରେ ରହିଥିବା ପୃଥିବୀ ପରି ଏକ ଗ୍ରହକୁ ଏକ ୟୁରୋପୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକଦଳ ନିକଟ ଅତୀତରେ ଆବିଷ୍କାର କରିଛନ୍ତି ।

5. ସାମରିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ : ଶତ୍ରୁ ପକ୍ଷ ସୈନ୍ୟବାହିନୀର ଗତିବିଧି ଉପରେ ନଜର ରଖିବାରେ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି । ଯେଉଁ ଦେଶମାନେ ଏହି ଉପଗ୍ରହଗୁଡ଼ିକ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ଖର୍ଚ୍ଚ ବହନ କରିବାକୁ ସମର୍ଥ ପ୍ରାୟ ସେ ସମସ୍ତ ଦେଶର ଏ ପ୍ରକାର ଉପଗ୍ରହ ରହିଛନ୍ତି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ବିକ୍ରମ ଅମ୍ବାଲାଲ୍ ସରାଭାଇ

ଭାରତର ଗୁଜୁରାଟ ରାଜ୍ୟର ଅହମଦାବାଦ ଠାରେ ଏହି ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏକ ଶିଳ୍ପପତି ପରିବାରରେ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ପରିବର୍ତ୍ତୀ ଜୀବନରେ ସେ ଭାରତର ନୂତନ ପୀଢ଼ିର ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରେରଣାର ଉତ୍ସ ରୂପେ ପରିଗଣିତ ହୋଇଥିଲେ । ମହାଜାଗତିକ ରଶ୍ମିର ସମୟକ୍ରମିକି ବିଚଳନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତାଙ୍କର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଗବେଷଣା ତାଙ୍କୁ ସମସ୍ତ ବୈଜ୍ଞାନିକ ସମାଜରେ ଯଶ ଓ ଖ୍ୟାତି ଆଣିଦେଇଥିଲା । ଅହମଦାବାଦସ୍ଥ ଭୌତିକ ଗବେଷଣା ପାଇଁ ଅନ୍ୟତମ ପ୍ରତିଷ୍ଠାତା ଏବଂ ଭାରତରେ ମହାକାଶ ଗବେଷଣାର ଅଗ୍ରଦୂତ ରୂପେ ସେ ହିଁ ପ୍ରଥମେ ଅନୁଭବ କରିଥିଲେ କିପରି ଯୋଗାଯୋଗ, ଶିକ୍ଷା, ପାଣିପାଗ ବିଜ୍ଞାନ, ଦୂର ସମ୍ବେଦନ ଓ ଭୂଗଣିତ ଇତ୍ୟାଦି କ୍ଷେତ୍ରରେ ମହାକାଶ ଗବେଷଣା ଏକ ଜାତି ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହୋଇଥାଏ ।

5.7.1 ଭାରତୀୟ ମହାକାଶ ଗବେଷଣା ସଙ୍ଗଠନ

ଭାରତ ଏକ ଅତି ବୃହତ୍ ଓ ଜନବହୁଳ ଦେଶ । ଏହାର ଜନସଂଖ୍ୟାର ବହୁଳାଂଶ ଗ୍ରାମ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସବାସ କରନ୍ତି ଏବଂ ଅତିମାତ୍ରାରେ ବର୍ଷା ଉପରେ, ବିଶେଷତଃ ମୌସୁମୀ ପ୍ରବାହ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥା'ନ୍ତି । ତେଣୁ ସରକାରଙ୍କୁ ପାଣିପାଗ ସୂଚନା ପରି ଏକ ପ୍ରଧାନ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ । ଏକ ବିରାଟ ଜନସଂଖ୍ୟାର ଯୋଗାଯୋଗ, ଆବଶ୍ୟକତା ମଧ୍ୟ ଏହାକୁ ମେଣ୍ଟାଇବାକୁ ପଡ଼େ । ତେଣୁ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ, ତୈଳ ଓ ଗ୍ୟାସ୍ ନିମିତ୍ତ ଆମର ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ର ଅନାବିସ୍କୃତ ରହିଯାଏ । ଏ ସମସ୍ତ ସମସ୍ୟା ପାଇଁ ଉପଗ୍ରହ - ପ୍ରଯୁକ୍ତି ବିଦ୍ୟା ଏକ ମୂଲ୍ୟ-ଫଳପ୍ରଦ ସମାଧାନର ସୁଯୋଗ ଦେଇଥାଏ । ଏହାକୁ ଦୃଷ୍ଟିରେ ରଖି ଭାରତ ସରକାର 1969 ମସିହାରେ ଡଃ ବିକ୍ରମ ସରାଭାଇଙ୍କ ସକ୍ରିୟ ନେତୃତ୍ୱ ଅଧୀନରେ ଭାରତୀୟ ମହାକାଶ ଗବେଷଣା ସଙ୍ଗଠନ (ISRO) ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିଥିଲେ । ଉପଗ୍ରହ ବ୍ୟବହାର କରି ଜାତିକୁ ଶିକ୍ଷିତ କରିବାର ଏକ ଦୂରଦୃଷ୍ଟି ଡଃ. ସରାଭାଇଙ୍କର ରହିଥିଲା । ଯୋଗାଯୋଗ, ଦୂରଦର୍ଶନ ପ୍ରସାରଣ, ପାଣିପାଗ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ସେବା, ଦୂରସଂବେଦନ ଏବଂ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗବେଷଣା କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଗ୍ରଗତି ନିମିତ୍ତ ISRO ଅତ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରାଣ-ପ୍ରାଚୁର୍ଯ୍ୟ ପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମମାନ ଅନୁସରଣ କରିଅଛ । ଧ୍ରୁବୀୟ ଉପଗ୍ରହ ପ୍ରେରଣ ପାଇଁ ଯାନ (PSLV) (ଚିତ୍ର 5.11) ଏବଂ ଭୂ-ସମକାଳିକ ଉପଗ୍ରହ ପ୍ରେରଣ ପାଇଁ ଯାନ GLSV ନିର୍ମାଣ (ଚିତ୍ର - 5.12) କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଫଳ ପ୍ରଦ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରିଛି ।

ବାସ୍ତବତଃ ଜର୍ମାନୀ, ବେଲ୍‌ଜିୟମ୍ ଓ କୋରିଆ ପରି ଅନ୍ୟ ଦେଶ ପାଇଁ ଏହା ଉପଗ୍ରହ ପ୍ରେରଣ କରିଛି ଏବଂ ପାଞ୍ଚଟି ଦେଶକୁ ନେଇ ସୃଷ୍ଟ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସମିତିରେ ଯୋଗଦାନ କରିଛି ।

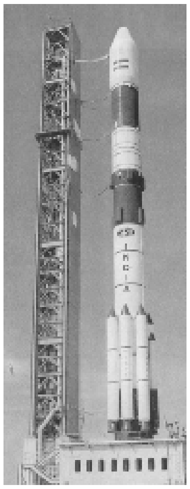
(i) ଜଳବାୟୁ, ପରିବେଶ ଏବଂ ଜାଗତିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ

(ii) ଉପର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ

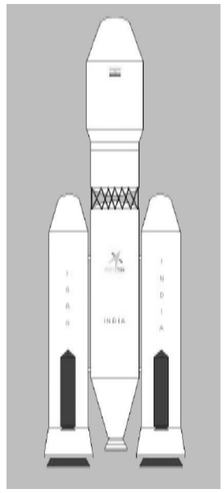
(iii) ମହାକାଶ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଜ୍ୟୋତିଃ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ

(iv) ଭାରତ ମହାସାଗର

ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଅନୁଧ୍ୟାନ ଏହାର ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।



ଚିତ୍ର 5.11 : PSLV



ଚିତ୍ର 5.12 : GSLV

ଟିପ୍ପଣୀ

ନିକଟ ଅତୀତରେ ଇସ୍ରୋ (ISRO) ଶିକ୍ଷାକାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଏକ ଉପଗ୍ରହ ଏଡୁସାଟ୍ (Edusat) ପ୍ରେରଣ କରିଛି ଯାହାକି ପୃଥିବୀରେ ଏପ୍ରକାର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ସମ୍ପର୍କୀୟ ପ୍ରଥମ ଅଟେ । ଦୂର ଜାଗାଗୁଡ଼ିକରେ ବସବାସ କରୁଥିବା ଉଭୟ ତରୁଣ ଓ ବୟସ୍କ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଶିକ୍ଷାଦାନ ପାଇଁ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି ।

ଚନ୍ଦ୍ର ଯାତା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଏହା ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରସ୍ତୁତି ପଥରେ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 5.7

1. କେତେକ ବିଜ୍ଞାନ ପୁସ୍ତକ ଲେଖକ ବିଶ୍ୱାସ କରନ୍ତି ଯେ ଦିନେ ମଣିଷ ସମାଜ ମଙ୍ଗଳଗ୍ରହରେ ଉପନିବେଶ ସ୍ଥାପନ କରିବ । ମନେକର ଏ ପ୍ରକାର ଇଚ୍ଛା ରଖିଥିବା ବ୍ୟକ୍ତିଗଣ ଏକ ମଙ୍ଗଳ ସମକାଳିକ ଉପଗ୍ରହ ଏହାର କକ୍ଷରେ ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ଚାହାନ୍ତି । ମଙ୍ଗଳର ଆବର୍ତ୍ତନକାଳ 24.6 ଘଣ୍ଟା ଅଟେ । ମଙ୍ଗଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥାକ୍ରମେ 6.4×10^{23}kg ଓ 3400km ଅଟେ । ଏହି ଉପଗ୍ରହଟି ମଙ୍ଗଳ ପୃଷ୍ଠରୁ କେତେ ଉଚ୍ଚରେ ରହିବ ?

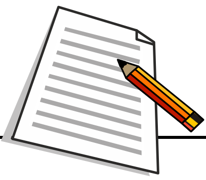
....

2. ମହାକାଶରେ ଟେଲିସ୍କୋପ୍ ରଖିବାର ସୁବିଧାଗୁଡ଼ିକର ଏକ ତାଲିକା ପ୍ରସ୍ତୁତ କର ।

....

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ବିଶ୍ୱରେ ଥିବା ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ମହାକାର୍ଷଣ ବଳ ରହିଛି । ଏହା ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୁଣଫଳ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।
- ମହାକର୍ଷଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ G ଏକ ସାର୍ବଜନୀନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଅଟେ ।
- ପୃଥିବୀର ମହାକାର୍ଷଣ ବଳ ଏହାର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ।
- ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠର ନିକଟରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ 9.8 cms^{-2} ଅଟେ । ଏହାର ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ସ୍ଥାନ ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ କାରଣ ପୃଥିବୀ ପୂରାପୂରି ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ନୁହେଁ ।
- ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ଉଚ୍ଚତା, ଗଭୀରତା ଓ ଅକ୍ଷାଂଶ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

- ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ମାଧ୍ୟକର୍ଷଣ ବଳ ବସ୍ତୁଟିର ଓଜନ ଅଟେ ।
- କେପ୍‌ଲର୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ବିବୃତ କରେ ଯେ ଏକ ଗ୍ରହର କକ୍ଷ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଏକ ଫୋକସ୍‌ରେ ରହିଥିବା ସହିତ ଏକ ଦୀର୍ଘ ବୃତ୍ତୀୟ କକ୍ଷ ଅଟେ ।
- କେପଲର୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିମୟ ବିବୃତ୍ତ କରେ ଯେ ଗ୍ରହକୁ ସୂର୍ଯ୍ୟସହ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ସମାନ ସମାନ ସମୟ ଅନ୍ତରରେ ସମାନ, ସମାନ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଆଚ୍ଛାଦିତ କରେ ।
- କେପ୍‌ଲର୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ବିବୃତ୍ତ କରେ ଯେ ଏକ ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣ କାଳର ବର୍ଗ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଠାରୁ ଏହାର ହାରାହାରି ଦୂରତାର ଘନ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।
- ଏକ ବସ୍ତୁ ପୃଥିବୀର ମହାକର୍ଷଣ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବରୁ ମୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ ଯଦି ଏହା ପଳାୟନ ବେଗ କିମ୍ବା ତାଠାରୁ ଅଧିକ ବେଗ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ।
- ଏକ ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗ ପୃଥିବୀ ଠାରୁ ଏହାର ଦୂରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନ

1. ତୁମେ ଶିକ୍ଷା ଲାଭ କରିଛ ଯେ ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଆକର୍ଷଣ ପାରସ୍ପରିକ ଅଟେ । ଯଦି ତାହା ହିଁ ହୁଏ, ତେବେ ଏକ ସେଓ ପୃଥିବୀକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ କି ? ଯଦି କରେ, ତେବେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ପୃଥିବୀ କାହିଁକି ଗତି କରେ ନାହିଁ ?

2. ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତାରେ ରହିଥିବା ଦୁଇଟି କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ମାପିବା ପାଇଁ ଆମେ ପୃଥିବୀ ଉପରେ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ବ୍ୟବସ୍ଥା କରିବା । ମନେକର ବଳର ପରିମାଣ . ଅଟେ । ସେହି ଏକା ବ୍ୟବସ୍ଥା ଆମେ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ନେବା ଏବଂ ଉକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାଟି ପୁନଶ୍ଚ କରିବା । ସେଠାରେ ଉକ୍ତ ଦୁଇ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ହେବ ?

3. ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ବିନା ପୃଥିବୀର ଆକାର ଏହାର ଦ୍ୱିଗୁଣକୁ ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ । ଯଦି ତୁମର ବର୍ତ୍ତମାନର ଓଜନ 500N ତେବେ ସେତେବେଳେ ତୁମର ଓଜନ କେତେ ହେବ ?

4. ମନେକର ହଠାତ୍ ପୃଥିବୀ ଏହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବ ହରାଏ । ତେବେ ଏହି ଗ୍ରହରେ ଜୀବନ କ'ଣ ହେବ ?

5. ଚିତ୍ର 5.6 କୁ ଦେଖ ଯାହା ପୃଥିବୀର ଗଠନ ଦର୍ଶାଏ । ଏହାର ବହିରାବରଣ ତଳେ (ଗଭୀରତା 25km) ଏବଂ ଏହାର ମ୍ୟାଣ୍ଟଲ୍ (mantle)ତଳେ (ଗଭୀରତା 2855 km) g ର ମୂଲ୍ୟ ଆକଳନ କର ।

6. ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ଯେଉଁଠି ଚନ୍ଦ୍ରର କକ୍ଷୀୟ ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ଓ କକ୍ଷର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦତ୍ତ ଅଛି ।

7. ମନେକର ପୃଥିବୀ ଉପରେ ତୁମର ଓଜନ 500N ଅଟେ । ଚନ୍ଦ୍ର ଉପରେ ତୁମର ଓଜନ ହିସାବ କର । ଚନ୍ଦ୍ର ଉପରେ ତୁମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେତେ ହେବ ?

8. ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ୪00km ଉଚ୍ଚତାରେ ଏକ ଧ୍ରୁବୀୟ ଉପଗ୍ରହ ସ୍ଥାନିତ କରାଗଲା । ଏହାର ପରିକ୍ରମଣକାଳ ଓ ପରିକମଣ ପରିବେଗ ହିସାବ କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର

ଟିପ୍ପଣୀ

5.1

1. ଚନ୍ଦ୍ରର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ = 27.3d

$$= 27.3 \times 24 \times 3600 \text{ s}$$

ଚନ୍ଦ୍ରକକ୍ଷର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= 3.84 \times 10^8$ m.

ଚନ୍ଦ୍ରର କକ୍ଷୀୟ ବେଗ $\upsilon = \dfrac{2\pi R}{T}$

କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ $= \upsilon^2/R$

$$= \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} \cdot \frac{1}{R} \quad = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$= \frac{4\pi^2 \times 3.84 \times 10^8 \text{m}}{(27.3 \times 24 \times 3600)^2 \text{ s}^2}$$

$$= \frac{4\pi^2 \times 3.84}{(27.3 \times 2.4 \times 3.6)^2} \times 10^{-2} \text{ m s}^{-2}$$

$$= .00272 \text{ m s}^{-2}$$

ଯଦି ଆମେ g କୁ 3600 ରେ ହରଣ କରି କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ହିସାବ କରିବା, ସମାନ ଫଳ ପାଇବା:

$$= \frac{9.8}{3600} \text{m s}^{-2}$$

$$= 0.00272 \text{ m s}^{-2}$$

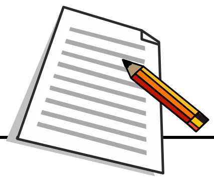
2. $F = \dfrac{G\, m_1\, m_2}{r^2}$

F ବଳ ଅଟେ, $\therefore G = \dfrac{\text{ବଳ} \times r^2}{(\text{ବସ୍ତୁତ୍ୱ})^2} = \dfrac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

3. $F = G\, \dfrac{m_1\, m_2}{r^2}$

ଯଦି $m_1 = 1$kg-, $m_2 = 1$kg, $r = 1$ m , ତେବେ F = G

କିମ୍ବା, ପରସ୍ପରଠାରୁ 1m ଦୂରତାରେ ରହିଥିବା 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳର ପରିମାଣ G ର ପରିମାଣ ସହ ସମାନ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

4. (i) F α $1/r^2$, ଯଦି r ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଏ, ବଳ ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ହୁଏ ।

(ii) F α $m_1 m_2$, ଯଦି m_1 ଓ m_2 ଉଭୟ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଅନ୍ତି, ତେବେ ବଳ F 4 ଗୁଣ ହୁଏ ।

(iii) F α $\dfrac{m_1\, m_2}{r^2}$,

ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଏ ଏବଂ r ମଧ୍ୟ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଏ, ତେବେ F ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ।

5. $$F = G\,\frac{50\text{ kg} \times 60\text{ kg}}{1\text{ m}^2};\ G = 6.68 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{3000\text{ kg}^2}{1\text{ m}^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times 3 \times 10^3\text{ N}$$

$$= 2 \times 10^{-7}\text{ N}$$

5.2

1. $$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \times 10^{24}\text{kg}}{(6.371 \times 10^6)^2\text{m}^2}$$

$$= \frac{6.97 \times 59.7}{6.371 \times 6.371}\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9.81\text{ m s}^{-2}$$

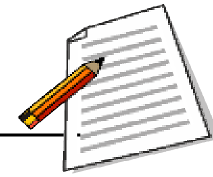
2. $$g_{\text{pole}} = \frac{GM}{R^2_{\text{pole}}}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \times 10^{24}\text{kg}}{(6.371 \times 10^6)^2\text{m}^2}$$

$$= \frac{6.97 \times 59.7}{6.371 \times 6.371}\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9.81\text{ m s}^{-2}$$

ସେହି ପ୍ରକାରେ,

$$g_{\text{equator}} = \frac{6.97 \times 59.7}{6.378 \times 6.378}\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9.79\text{ m s}^{-2}$$



3. g ର ଦିଗ ସର୍ବଦା ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ତଳ ଆଡ଼କୁ ହୋଇଥାଏ ।

4. $g_{\text{moon}} = 6.67 \times 10^{-11} \dfrac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times \dfrac{7.3 \times 10^{22}\,\text{kg}}{(1.74 \times 10^6)^2\,\text{m}^2}$

$$= \frac{6.67 \times 7.3}{1.74 \times 1.74} \times 10^{-1} \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1.61 \text{ m s}^{-2}$$

5.3

1. ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରରୁ r ଦୂରତାରେ g କୁ g ବୋଲି ନିଆଯାଉ । ତେବେ ପୃଥିବୀ ବାହାରେ $\dfrac{g}{g_1} = \dfrac{r^2}{\text{R}^2}$

ଯଦି $g_1 = g/2 \Rightarrow r^2 = 2R^2 \Rightarrow r = \sqrt{2}\,R = 1.412\,R$

$\therefore$ ପୃଥିବୀପୃଷ୍ଠରୁ ଉଚ୍ଚତା $= 1.4142\,R - R$

$= 0.4142\,R$

2. ପୃଥିବୀ ଅଭ୍ୟନ୍ତରସ୍ଥ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ g ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ଉକ୍ତ ସ୍ଥାନର ଦୂରତା ସହ ସମାନୁପାତୀ । ମନେକର d ଗଭୀରତାରେ g ହେଉଛି g_d

ତେବେ $\dfrac{g_d}{g} = \dfrac{\text{R} - d}{\text{R}}$

ଯଦି $g_d = 80\%$, ତେବେ

$$\frac{0.8}{1} = \frac{\text{R} - d}{\text{R}}$$

$\therefore \quad d = 0.2\,R$

3. ଉଦାହରଣ 5.3 ରେ, ଆମେ ହିସାବ କରିଥିଲେ ଯେ $\omega = 7.27 \times 10^{-5}$ rad s^{-1}

$\therefore \text{R}\omega^2 \cos 30^{\circ} = 6.37 \times 10^6 \times (7.27 \times 10^{-5})^2 \text{ s}^{-2} \,.\, \sqrt{3}/2 = 0.029 \text{ m s}^{-2}$

ମେରୁରେ g ର $g_{\text{poles}} = 9.853$ m s^{-2}

(ଉଦାହରଣ 5.2 ରେ ହିସାବ କରାଯାଇଛି)

$\therefore$ ଦିଲ୍ଲୀରେ $g = 9.853 \text{ m s}^{-2} - 0.029 \text{ m s}^{-2}$

$= 9.824$ m s^{-2}

4. (5.9) ସୂତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି

$$g_h = \frac{g}{1 + \dfrac{2h}{R}} = \frac{9.81 \text{ m s}^{-2}}{1 + \dfrac{2000 \text{ km}}{6371 \text{ km}}}$$

$$= \frac{9.81\,\mathrm{m\,s^{-2}}}{\frac{28371\,\mathrm{km}}{6371\,\mathrm{km}}} = 7.47\,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

r ସହିତ g ର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବ୍ୟବହାର କରି

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11}\ \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}}{(7.371 \times 10^6)^2\,\mathrm{m}^2}$$

$$= 7.33\ \mathrm{ms^{-2}}$$

ଏହା ଅଧିକ ସଠିକ୍ ଫଳାଫଳ ଦିଏ କାରଣ ସୂତ୍ର (5.9) ଟି $h << R$ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କିନ୍ତୁ $h << R$ ନୁହେଁ ।

5.4

1. ଚନ୍ଦ୍ର ପୃଷ୍ଠରେ g ର ମୂଲ୍ୟ ପୃଥିବୀପୃଷ୍ଠରେ g ମୂଲ୍ୟର 1/6 ଭାଗ । ତେଣୁ ପୃଥିବୀ ଉପରେ ତୁମର ଓଜନ ଯାହା, ତାହାର 1/6 ଅଂଶ ଓଜନ ଚନ୍ଦ୍ରପୃଷ୍ଠରେ ହେବ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ କିନ୍ତୁ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିବ ।

2. ମଙ୍ଗଳ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= 6 \times 10^{23}$ kg

   ମଙ୍ଗଳର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= 4.3 \times 10^6$ m

   ମଙ୍ଗଳ ଉପରେ ଓଜନ / ପୃଥିବୀ ଉପରେ ଓଜନ $= \frac{m.2.16}{m.9.81} = 0.22$

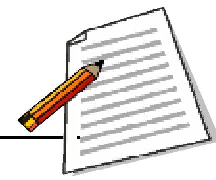
   ତେଣୁ ତୁମର ଓଜନ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ଓଜନର ମୋଟାମୋଟି ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ହେବ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିବ ।

3. ଦୁଇଟି ପଲା ଥିବା ନିକିତିଗୁଡ଼ିକ ବାସ୍ତବତଃ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଗୁଡ଼ିକର ତୁଳନା କରନ୍ତି କାରଣ ଉଭୟ ପଲା ଉପରେ ସମାନ g କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ତେଣୁ ତାହା କଟିଯାଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାର ନିକିତିରେ, ଯେପରିକି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବାଲାନ୍ସ ଓଜନ ମପାଯାଏ । ଦୁଇଟି ପଲା ଥିବା ନିକିତି ଚନ୍ଦ୍ର ଉପରେ ଓ ପୃଥିବୀ ଉପରେ ସମାନ ରିଡ଼ିଙ୍ଗ୍ ବା ପାଠ୍ୟାଙ୍କ ଦର୍ଶାଇଥାଏ । ସ୍ପ୍ରିଂ-ବାଲାନ୍ସ ପୃଥିବୀ ଉପରେ ଯେଉଁ ଓଜନ ଦର୍ଶାଏ, ଚନ୍ଦ୍ରରେ ତାହାର 1/6 ଅଂଶ ଦର୍ଶାଏ ।

5.5

1. ହଁ, ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ ମହାକର୍ଷଣୀୟ ହୋଇଥାଏ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ କେପ୍ଲରଙ୍କ ନିୟମ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

2. କେପ୍ଲରଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ କିମ୍ବା $T^2 \alpha\, r^3 \Rightarrow T \alpha\, r^{3/2}$



ଟିପ୍ପଣୀ

ତେଣୁ ଯେଉଁ ଉପଗ୍ରହ ଯେତେ ଅଧିକ ଦୂରତାରେ ରହେ, ତାହାର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ତଦନୁଯାୟୀ ଅଧିକତର ହୁଏ ।

ମନେକର $T_1 = 90$ min

$r_1 = 1000 \text{ km} + 6371 \text{ km}$

$r_2 = 2000 \text{ km} + 6371 \text{ km}$ [ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ]

$$\therefore \quad T_2^2 = \frac{T_1^2 \cdot r_2^3}{r_1^3} = (90 \text{ min})^2 \left(\frac{8371 \text{ km}}{7371 \text{ km}}\right)^3$$

$T_2 = 108.9$ min

3. କେପ୍ଲରଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ

$$\frac{T_{\text{earth}}^2}{T_{\text{sedna}}^2} = \frac{r_{\text{earth}}^3}{r_{\text{sedna}}^3}$$ [ଏଠାରେ r ହେଉଛି ଗ୍ରହର ସୂର୍ଯ୍ୟଠାରୁ ଦୂରତା]

$T_{\text{earth}} = 1$ ବର୍ଷ, $r_{\text{earth}} = 1$ AU

$$T_{\text{sedna}}^2 = \frac{(1 \text{ ବର୍ଷ})^2 (86 \text{ AU})^3}{(86 \text{ AU})^3} = (86)^3 (1 \text{ ବର୍ଷ})^2$$

$\therefore T_{sedna} = 797.5$ ବର୍ଷ

4. ଯଦି ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ r ଦୂରତାରେ ଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଉପଗ୍ରହର କକ୍ଷୀୟ ପରିବେଗର ପରିମାଣ υ ହୁଏ, ତେବେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳକୁ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ସହିତ ସମାନ କରି ଆମେ ପାଇବା

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \Rightarrow \upsilon = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

ଯେଉଁଠି M ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଟେ ।

5. ସମୀକରଣ (5.16) ଓ (5.17) ରୁ $\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM}{r} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 . r^3}{GM.}$ or $T^2 \alpha r^3$.

5.6

1. $$\upsilon_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} . \frac{5.97 \times 10^{24} \text{kg}}{6.371 \times 10^6 \text{ m}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 5.97 \times 10}{6.371}} \; 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 11.2 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} = 11.3 \text{ km s}^{-1}$$

2. $v_{esc} \ \alpha \ \sqrt{\frac{1}{R}}$

ଯଦି R ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ହୋଇଯାଏ, v_{esc} ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଏ ।

3. $v_{esc} \ \alpha \ \sqrt{\frac{M}{R}}$

ଯଦି M ଆଠଗୁଣ ହୁଏ ଏବଂ R ଦୁଇଗୁଣ ହୁଏ, ତେବେ

$v_{esc} \ \alpha \ \sqrt{4}$ କିମ୍ବା v_{esc} 2 ଗୁଣ ହୁଏ ।

5.7

1. $(R+h)\dfrac{4\pi^2}{T^2} = \dfrac{GM}{(R+h)^2}$

$$\Rightarrow (R+h)^3 = \frac{GM}{4\pi^2}T^2$$

$$= \frac{6.67\times10^{-11}\times6.4\times10^{23}\times(14.6\times3600)^2}{4\times(3.14)^2}$$

$$= 8370\times10^{18}\ \text{m}$$

$$R+h = 20300\ \text{km}$$

$$h = 26900\ \text{km}$$

2. (a) ପ୍ରତିବିମ୍ବଗୁଡ଼ିକ ସ୍ୱଷ୍ଟତର ହୁଏ ।

(b) x- ରେ ଟେଲିସ୍କୋପି ମଧ୍ୟ କାମ କରେ ।

ପାଠ୍ୟାନ୍ତ ଗାଣିତିକ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର

3. 125 N

5. $\simeq g$, 5.5 m s^{-2}

7. ଓଜନ $= \dfrac{500}{6}$ N, ଚନ୍ଦ୍ର ଉପରେ ତଥା ପୃଥିବୀ ଉପରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 50 kg ହୁଏ ।

8. $T = 1\frac{1}{2}$ h, $v = 7.47$ km s^{-1}