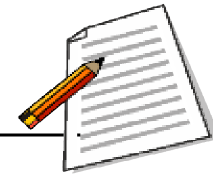


ଟିପ୍ପଣୀ

4

ଏକ ସମତଳରେ ଗତି
(Motion in a Plane)

ପୂର୍ବ ଦୁଇ ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ସରଳ ରୈଖିକ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଅଛ ଓ ତୁମର ସେ ସମ୍ପର୍କରେ କିଛି ଧାରଣା ହୋଇଛି । ଏହି ଗତି ଏକ-ବିମିତୀୟ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଜ୍ଞାନ ବ୍ୟବହାର କରି ତୁମେ କ'ଣ ଏକ ସମତଳରେ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଗତି ଅର୍ଥାତ୍ ଦ୍ୱି-ବିମିତୀୟ ଗତି ବର୍ଣ୍ଣନା କରି ପାରିବ ? ଏପରି କରିବାକୁ ହେଲେ ଆମ ପାଇଁ କିଛି ନୂତନ ଧାରଣାର (concepts) ଆବଶ୍ୟକତା ରହିଛି । ଦ୍ୱି-ବିମିତୀୟ ଗତିର ଏକ ସୁନ୍ଦର ଉଦାହରଣ ହେଉଛି ଭୂସମାନ୍ତର ସହିତ କୌଣସି କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରି ପଠାଯାଉଥିବା ଏକ ବଲ୍‌ର ଗତି । ଏପରି ଗତିକୁ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତି (projectile motion) କହନ୍ତି ।

ଏହି ଗତିର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ ଏଭଳି କିଛି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଦେଇ ପାରିବ: କୌଣସି ଉଡ଼ାଜାହାଜ କିମ୍ବା ହେଲିକପ୍ଟର୍‌ର ସ୍ଥିତି କିପରି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯଦ୍ୱାରା ସେଥିରୁ ପକା ଯାଉଥିବା ଖାଦ୍ୟ ପୁଡ଼ିଆ କିମ୍ବା ଔଷଧ ପୁଡ଼ିଆ ବନ୍ୟା କିମ୍ବା ଭୂକମ୍ପ ପ୍ରପୀଡ଼ିତ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଲୋକମାନଙ୍କ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚି ପାରିବ । ଜଣେ ଆଥ୍‌ଲେଟ୍ ବା କ୍ରୀଡ଼ାବିତ୍ ଏକ ଡିସ୍‌କସ୍ (discuss) କିମ୍ବା ଜାଭେଲିନ୍ (javelin)କୁ କିପରି ପକାଇଲେ ତାହା ଅଧିକତମ ଭୂସମାନ୍ତର ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରି ପାରିବ ? ରାସ୍ତାଗୁଡ଼ିକର ଗଠନ କିପରି ହେବା ଦରକାର ଯଦ୍ୱାରା ବକ୍ର ରାସ୍ତାରେ ବି କାର୍‌ଟିଏ ବୁଲିବା ବେଳେ ରାସ୍ତାରୁ ଖସି ଯିବ ନାହିଁ ଓ ନିରାପଦରେ ଗତିକରି ପାରିବ ? ଏକ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହର ବେଗ କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯାହା ଫଳରେ ଏହା ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ପରିକ୍ରମଣ କରି ପାରିବ ?

ଏ ସବୁ ପରିସ୍ଥିତି ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତି (projectile motion) ଓ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି (circular motion)କ୍ଷେତ୍ରରେ ଉପୁଜିଥାଏ । ଏହା ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ କୌଣୀୟ ବେଗ (angular speed), କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ (centripetal acceleration) ଏବଂ କେନ୍ଦ୍ରାଭୀମୁଖୀ ବଳ (centripetal force) ଇତ୍ୟାଦି ବିଷୟରେ ସମ୍ୟକ୍ ଧାରଣା କରିବାକୁ ହେବ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

- *ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତି ଓ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ବୁଝାଇବାକୁ ସମର୍ଥ ହେବ ଏବଂ ସେ ସବୁର ଉଦାହରଣ ଦେଇ ପାରିବ;*
- *ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଉଡାଣ ସମୟ, ପରାସ (range) ଏବଂ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଉଚ୍ଚତା ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରି ପାରିବ;*
- *ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତି ପଥ ପାଇଁ ସମୀକରଣ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରି ପାରିବ;*

ଟିପ୍ପଣୀ

- *ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଥିବା ଏକ କଣିକାର ପରିବେଗ ଓ ତ୍ୱରଣ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରି ପାରିବ ଏବଂ*
- *ଅରୀୟ (radial) ଓ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ (tangential) ତ୍ୱରଣ ର ସଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରି ପାରିବ ।*

4.1 ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତି (Projectile motion)

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗାଲିଲିଓ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବର୍ଣ୍ଣନା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଥମେ ସଫଳ ପ୍ରୟାସ କରିଥିଲେ । ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ଏକ ଧୀରଗାମୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଭୂସମାନ୍ତର ଓ ଅଭିଲମ୍ବ ଗତି ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର । ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ କ୍ରିୟା କଳାପ (activity) ଦ୍ୱାରା ଏହା ସହଜରେ ବୁଝିହେବ ।

ଦୁଇଟି କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍ ନିଅ । ଗୋଟିକୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଏକ କୋଠାଘର ଉପରୁ ନିକ୍ଷେପ କର । ସେହି ଏକା ସମୟରେ କୋଠାଘରଟିର ଉପରୁ ଅନ୍ୟଟି ତଳକୁ ଛାଡ଼ । କ'ଣ ଲକ୍ଷ୍ୟ କଲ, ଟିପିରଖ ।

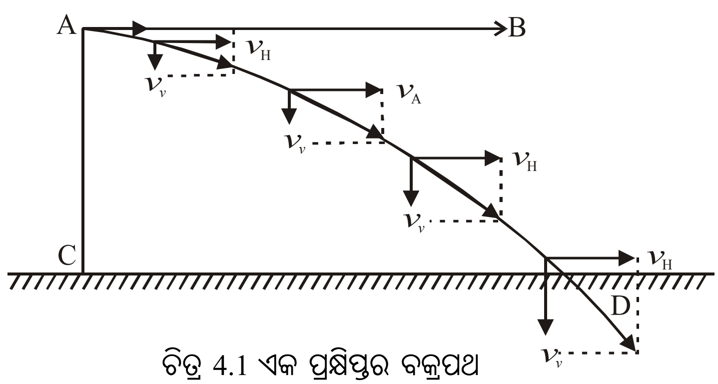
ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ଉଭୟ ବଲ୍ ସମାନ ସମୟରେ ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରିବେ । ଏହା ଦର୍ଶାଏ ଯେ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ନିମ୍ନମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ଏକ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ପଡୁଥିବା ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ସହିତ ସମାନ । ଅଧିକନ୍ତୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଗତି ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ନ ହୋଇ ଏହା ଘଟିଥାଏ । ପୁନଶ୍ଚ ସମୟ ଓ ଦୂରତାର ମାପରୁ ଜଣାଯିବ ଯେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଭୂସମାନ୍ତର ପରିବେଗ ସମଗ୍ର ଗତି ବେଳେ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ଏବଂ ଭୂଲମ୍ବ ଗତି ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଅନ୍ୟ କଥାରେ କହିଲେ - ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତିର ଦୁଇଟି ପ୍ରଧାନ ବିଶେଷତ୍ୱ ହେଉଛି :

(i) ପରିବେଗର ଏକ ସ୍ଥିର ଭୂସମାନ୍ତରୀୟ ଉପାଂଶ (component)

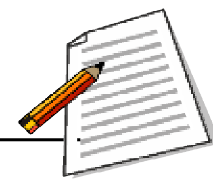
(ii) ତ୍ୱରଣର ଏକ ସ୍ଥିର ଭୂଲମ୍ବୀୟ ଅଧୋମୁଖୀ ଉପାଂଶ ।

ଏହି ଦୁଇ ପ୍ରକାର ଗତିର ସମିଶ୍ରଣ ପ୍ରକ୍ଷେପଟିର ବକ୍ର ପଥ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।



ଚିତ୍ର 4.1 ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ବକ୍ରପଥ

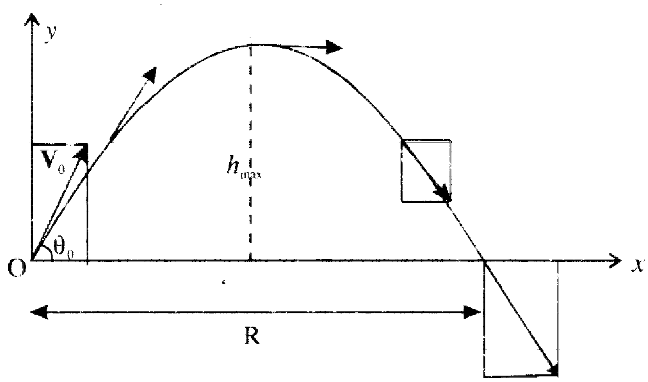
ଚିତ୍ର 4.1 କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ମନେକର ପିଲାଟିଏ ଏକ ବଲ୍‌କୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ କିଛି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗରେ ଫିଙ୍ଗିଛି । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଭୂସମାନ୍ତର ବଳ ବଲ୍‌ଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ ନ କରିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉକ୍ତ ଦିଗରେ ବଲ୍‌ର କୌଣସି ତ୍ୱରଣ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ଯଦି ବାୟୁର ଘର୍ଷଣ ବଳକୁ ପ୍ରଭାବହୀନ ମନେକରାଯାଏ, ତେବେ ହାତରୁ ଖସିବା ପରେ ବଲ୍‌ଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଏକମାତ୍ର ବଳ ହେଉଛି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ । ଏଣୁ ବଲ୍‌ଟିର ଭୂସମାନ୍ତରୀୟ ପରି ବେଗ v_H ଗତି ସମୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ଏହି ବେଗରେ ବଲ୍‌ଟି ଡାହାଣ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିବା ବେଳେ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବରେ ଏହା ମଧ୍ୟ ତଳ ଆଡ଼କୁ ଖସିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ପରିବେଗକୁ ସଦିଶ v_v ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



ଏବେ ଦେଖିବା, ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟି ଭୂମି ଉପରୁ ଫିଙ୍ଗାଯିବା ପରେ ଏହା କେତେ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠିଥାଏ, କେତେ ଦୂର ଭୂସମାନ୍ତର ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରେ ଏବଂ ବାୟୁରେ କେତେ ସମୟ ରହିଥାଏ । କୌଣସି ସ୍ଥାନକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟରଖି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟି ସେଠାରେ ପହଞ୍ଚାଇବା ନିମିତ୍ତ ଏହି ବିଷୟଗୁଡ଼ିକ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଗରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ- ଯେପରିକି ଗୋଲପୋଷ୍ଟ ମଧ୍ୟକୁ ଏକ ଫୁଟବଲ୍ ପକାଇବା, କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍‌କୁ ସୀମା ବାହାରକୁ ପିଟିବା ତଥା ବନ୍ୟା ଓ ବାତ୍ୟା ଭଳି ଦୈବୀ ଦୁର୍ବିପାକ ସମୟରେ ଅପହଞ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଥିବା ଲୋକଙ୍କ ନିକଟକୁ ଆକାଶ ମାର୍ଗରୁ ରିଲିଫ୍ ପ୍ୟାକେଟ୍ ପକାଇବା ଇତ୍ୟାଦି ।

4.1.1 ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା, ଉଡ଼ାଣ ସମୟ ଏବଂ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ପରିସର (range)

ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତିରେ ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା, ଉଡ଼ାଣ ସମୟ ଓ ପରାସ ଇତ୍ୟାଦି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଏବେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତିର ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା । ଏହି ବିଶ୍ଳେଷଣରେ ପବନ କିମ୍ବା ବାୟୁର ପ୍ରତିରୋଧ ଜନିତ ପ୍ରଭାବକୁ ହିସାବକୁ ନେବା ନାହିଁ । ଏକ ବସ୍ତୁର ଉଡ଼ାଣ ସମୟରେ ଏହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗକୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ଏବଂ ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶରେ ବିଭକ୍ତ କରି, ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଲଗା, ଅଲଗା ବିଚାର କରିବା ଏବଂ ପଜିଟିଭ x- ଅକ୍ଷକୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଏବଂ ପଜିଟିଭ y- ଅକ୍ଷକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣ କରିବା । (ଚିତ୍ର - 4.2)



ଚିତ୍ର 4.2 : ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା, ଉଡ଼ାଣ ସମୟ ଏବଂ ଏହାର ପରାସ

ମନେକର $t = 0$ ସମୟରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସ୍ଥିତି ମୂଳବିନ୍ଦୁ 0 ରେ ରହିଛି । ସେତେବେଳେ ମୂଳବିନ୍ଦୁର ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ ହେଉଛି $x = 0, y = 0$ । ମନେକର ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟଟିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $\vec{\upsilon}_0$ ଏବଂ ଏହାର ଦିଗ x-ଅକ୍ଷ ସହ θ_0 କୋଣରେ ପ୍ରକ୍ଷେପିତ ହୋଇଛି । θ_0 କୁ **ପ୍ରକ୍ଷେପିତ କୋଣ** (angle of projection) କହନ୍ତି ।

x ଓ y ଦିଗରେ $\vec{\upsilon}_0$ ର ଉପାଂଶଗୁଡ଼ିକ ହେବ

$$u_{ox} = u_o \cos \theta_0 \qquad \text{.................(4.1a)}$$

$$u_{oy} = u_o \sin \theta_0 \qquad \text{..................(4.1b)}$$

ମନେକର ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟିର ତ୍ୱରଣର ଭୂସମାନ୍ତରୀୟ ଉପାଂଶ ଓ ଭୂଲମ୍ବୀୟ ଉପାଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ a_x ଓ a_y । ତେବେ

$$a_x = 0 \,;\, a_y = -g = -9.8 \text{ ms}^{-2} \qquad \text{........... (4.2)}$$

ଟିପ୍ପଣୀ

ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଥିବାରୁ ଏହାକୁ g ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଇଛି ।

ଲକ୍ଷ୍ୟକର a_y ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (2.6) ଏବଂ (2.7 ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ *t* ସମୟର ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପରିବେଗ ଓ ଅବସ୍ଥାନର ଭୂସମାନ୍ତର ଓ ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଲେଖିପାରିବା ।

ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗର $u_x = u_{ox}$, ଯେହେତୁ $a_x = 0$ .... (4.3a)

$x = u_{ox}t = u_o \cos q_0 t$ .... (4.3b)

ସେହିପରି ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ

$u_y = u_{oy} - gt = u_o \sin q_0 t - gt$ .... (4.3c)

$y = u_{oy} - ½gt^2 = u_o \sin q_0 t - ½gt^2$ .... (4.3d)

ସମୀକରଣ (2.10)ର ପ୍ରୟୋଗ ଅନୁସାରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଭୂଲମ୍ବ ସ୍ଥିତି ଓ ପରିବେଗ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେବ

$-gy = ½(\upsilon_y^2 - \upsilon_{0y}^2)$ .... (4.3e)

ଲକ୍ଷ୍ୟକର ଯେ ସମୀକରଣ (4.3a) ଓ (4.3b) ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀତ ଭୂସମାନ୍ତର ଗତି ସମପରିବେଗ ବିଶିଷ୍ଟ ଗତି ଏବଂ ସମୀକରଣ (4.3c) ଓ (4.3d) ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀତ ଭୂଲମ୍ବ ଗତି ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ସମତ୍ୱରଣ ଯୁକ୍ତ ଗତି । ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ଓ ଭୂଲମ୍ବୀୟ ଉପାଂଶ ଦ୍ୱୟର ସଦିଗ ଯୋଗଫଳ ଅନୁସାରେ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟିର ପରିବେଗ ଓ ଅବସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହେବ ।

ଏବେ ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା ଓ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ କାଳ ଓ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ପରାସ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ।

(a) ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା : ବାୟୁରେ ଗତିଶୀଳ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟି ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠି ପୁନଶ୍ଚ ତଳକୁ ଖସିଥାଏ । ଯେଉଁ ସମୟରେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟି ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତାରେ ଥାଏ ସେତେବେଳେ ଏହାର ଭୂଲମ୍ବୀୟ ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ହୁଏ । ଏହାଠାରୁ ଅଧିକ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଏହା ଉଠିପାରେ ନାହିଁ ଏବଂ ତାପରେ ଏହାର ନିମ୍ନମୁଖୀ ଗତି ହୁଏ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (4.3c ଓ 4.3e) ଅନୁସାରେ

$0 = u_{oy} - gt$

ଏବଂ ଏହି ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ସମୟ

$$t = \frac{\upsilon_{0y}}{g} = \frac{\upsilon_0 \sin\theta_0}{g}$$ ....(4.4)

ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା *h* ରେ, ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ଭୂଲମ୍ବ ପରିବେଗ ଶୂନ୍ । ତେଣୁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ $u^2 - u^2 = 2as = 2gh$ ର ବ୍ୟବହାର କରି ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକଟି ହେବ :

$$h = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\theta}{2g} \qquad (\because u = 0, u = u_0 \sin\theta_0) \qquad ....(4.5)$$

ଏହି ହିସାବ (calculation) ରେ ବାୟୁ ପ୍ରତିରୋଧ ଜନିତ ପ୍ରଭାବକୁ ଉପେକ୍ଷା କରିଛେ । ଅଳ୍ପ ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ପାଇଁ ଏହା ଆପାତତଃ ଠିକ୍ ।

ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟି ଯେତେ ସମୟ ପାଇଁ ବାୟୁ ମଧ୍ୟରେ ରହେ ସେହି ସମୟକୁ ଉଡ଼ାଣ ସମୟ କୁହାଯାଏ । ସମୀକରଣ 4.4 ବ୍ୟବହାର କରି ଏହା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ ।

(b) ଉଡ଼ାଣ ସମୟ : ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟି ପଠା ହେବା ମୂହୁର୍ତ୍ତରୁ ଏହା ଭୂମିକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିବା ମୂହୁର୍ତ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମୟକୁ ଏହାର ଉଡ଼ାଣ ସମୟ (time fo flight)T କହନ୍ତି ।

T ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକଟି ହେଉଛି

$$T = 2t = \frac{2\upsilon_0 \sin\theta_0}{g} \qquad .... (4.6)$$

ଶେଷରେ ଆମେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟିର ପରିସର ଅର୍ଥାତ୍ ଏହା ଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଭୂସମାନ୍ତର ଦୂରତା ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକଟି ନିଗମନ କରିବା । ଏହାକୁ ପରାସ କୁହାଯାଏ ।

(c) ପରାସ (range) :

ଭୂସମାନ୍ତର ପରିବେଗ ସହିତ ଉଡ଼ାଣ ସମୟକୁ ଗୁଣନ କରି ପରାସ R ହିସାବ କରିହେବ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (4.3b) ଓ ସମୀକରଣ (4.4) ବ୍ୟବହାର କରି ପାଇବା –

$$R = (u_{0x}) \times (2t)$$

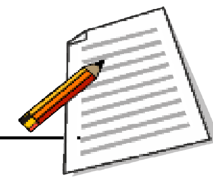
$$= (u_0 \cos\theta_0) \frac{(2\upsilon_0 \sin\theta_0)}{g}$$

$$= \upsilon_0^2 \frac{(2\sin\theta_0 \cos\theta_0)}{g} \quad \text{ଯେହେତୁ } 2\sin\theta_0 \cos\theta_0 = \sin 2\theta$$

$$= R = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \qquad ....(4.7)$$

ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟିର ପରିସର ଏହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ u_0 ଏବଂ ପ୍ରକ୍ଷେପ କୋଣ θ_0 ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ ।

ଏବେ ତୁମେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିପାରିବ କି ଭୂମି ସହିତ କେତେ କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରି ଏକ ଡିସ୍କ (ଥାଳିଆ) ଏକ ହାମାର (ହାତୁଡ଼ି) କିମ୍ବା ଏକ ଜାଭେଲିନ୍‌କୁ ଫିଙ୍ଗା ଗଲେ ଏହା ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ସର୍ବାଧିକ ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରି ପାରିବ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ, ପରାସ ସର୍ବାଧିକ ହେବା ପାଁଇ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ-କୋଣ କେତେ ହେବ, ଏବେ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଟିପ୍ପଣୀ

ସମୀକରଣ (4.7) କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ତୁମେ ଜାଣିପାରିବ କି କେତେ ପ୍ରକ୍ଷେପ କୋଣ ପାଇଁ ପ୍ରକ୍ଷେପଟିର ପରିସର ସର୍ବାଧିକ ହେବ ?

ଦେଖ ଯେ $R = R_{max}$ ଯେତେବେଳେ $\sin 2\theta_0 = 1$, ଅର୍ଥାତ୍ $2\theta_0 = 90^0$ ବା $\theta_0 = 45^0$, ସେତେବେଳେ

$$R = \frac{u_0^2}{g}$$

ଏବେ ଏକ ବିଶେଷ ଅବସ୍ଥାରେ ଏହି ରାଶି ଗୁଡ଼ିକର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ।

ଉଦାହରଣ 4.1:

1996 ମସିହାରେ ଆଟ୍ଲାଣ୍ଟାରେ ଅନୁଷ୍ଠିତ ସେଣ୍ଟେନିଆଲ୍ ଅଲିମ୍ପିକ୍‌ରେ (ଶତବାର୍ଷିକୀ ଅବସରରେ) ହାତୁଡ଼ି ଫିଙ୍ଗି ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପଦକ ପାଇଥିବା ଖେଳାଳି ଜଣକ ହାତୁଡ଼ିକୁ 19.6m ଦୂରକୁ ଫିଙ୍ଗିଥିଲେ । ଏହାକୁ ସର୍ବାଧିକ ପରାସ ରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରି, କେତେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗରେ ହାତୁଡ଼ିଟି ଫିଙ୍ଗା ଯାଇଥିଲା, ହିସାବ କର । ସେହି ହାତୁଡ଼ିଟି କେତେ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଥିଲା ? ଏହା କେତେ ସମୟ ପାଇଁ ବାୟୁରେ ରହିଥିଲା ? ଭୂମି ଉପରୁ ହାତୁଡ଼ି ଫିଙ୍ଗିଥିବା ଖେଳାଳିର ହାତର ଉଚ୍ଚତା ହିସାବକୁ ନିଅ ନାହିଁ ।

ସମାଧାନ : ଯେହେତୁ ଭୂମିଉପରୁ ହାତୁଡ଼ି ଫିଙ୍ଗିଥିବା ଖେଳାଳିର ହାତର ଉଚ୍ଚତା ଗଣ୍ୟ ନୁହେଁ, ତେଣୁ ହାତୁଡ଼ିଟିର ପ୍ରକ୍ଷେପ ବିନ୍ଦୁ ଓ ଏହା ଭୂମିରେ ପଡୁଥିବା ସ୍ଥାନ ଭୂମି ଠାରୁ ପ୍ରାୟ ସମାନ ଉଚ୍ଚତାରେ ଥିଲେ ବୋଲି ବିଚାର କରାଯାଉ । ହାତୁଡ଼ିଟି ପ୍ରଥମେ ଫିଙ୍ଗା ଯିବାର ବିନ୍ଦୁକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କର ମୂଳବିନ୍ଦୁ ରୂପେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଉ । ଯେହେତୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତା ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଟିର ପରାସ R, ଏବଂ ଏହା ସର୍ବାଧିକ, ତେଣୁ

$$R = \frac{u_0^2}{g} = \frac{u_0^2}{g}\sin 2\theta_0$$

କିମ୍ବା $u_0 = \sqrt{Rg}$

ଦତ୍ତ $R = 19.6m,\ g = 9.8\ ms^{-2}$ ପ୍ରୟୋଗ କରି

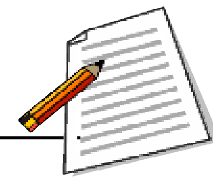
$$u_0 = \sqrt{19.6m \times 9.8m/s^2} = 9.8\sqrt{2}\ m/s. = 13.86\ m/s$$

ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା ଓ ଉଡ଼ାଣ ସମୟ ଯଥାକ୍ରମେ ସମୀକରଣ (4.5) ଓ (4.6) ଦ୍ୱାରା ହିସାବ କଲେ ମିଳେ–

ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା $h = \dfrac{u_0^2 \sin^2\theta}{2g} = \dfrac{1}{2}\dfrac{u_0^2}{g}(\sin 45^0)^2 = \dfrac{1}{2} \times 196m \times \left(\dfrac{1}{\sqrt{2}}\right)^2$

$$= \frac{1}{2} \times 19.6m \times \frac{1}{2} = \frac{19.6m}{4} = 4.9m$$

$$T = \frac{2u_0 \sin\theta_0}{g} = \frac{2 \times 9.8\sqrt{2}m/s \times \sin 45^0}{9.8m/s^2} = 2s$$



ଟିପ୍ପଣୀ

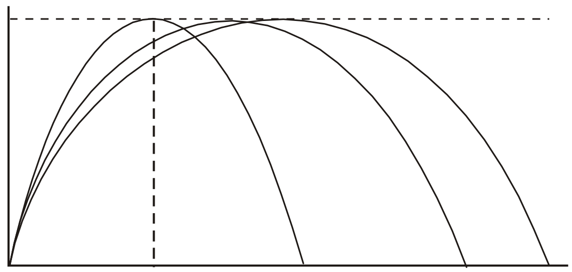
ଏବେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ ଗତି ସମ୍ପର୍କିତ ଧାରଣାଗୁଡ଼ିକ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବାପରେ ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରୟୋଗ ଅନୁଧ୍ୟାନ କରିବା ପରେ ତୁମେ କେତେ ବୁଝିଛେ ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରିବାକୁ ଚାହିଁପାର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 4.1

1. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରିସ୍ଥିତିରେ କେଉଁ ଗତି ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗତି ଅଟେ ।

(a) ଜଣେ ତୀରନ୍ଦାଜ (archer) ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳକୁ ତୀରଟିଏ ମାରିବା ।

(b) ଏକ ଆଗ୍ନେୟଗିରିରୁ ଉଦ୍‌ଗୀରଣ ବେଳେ ପଥର ସବୁ ନିର୍ଗତ ହେବା ।



ଚିତ୍ର 4.3 : ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥ

(c) ଏକ ପାର୍ବତ୍ୟ ରାସ୍ତାରେ ଟ୍ରକ୍‌ଟିଏ ଗତି କରିବା ।

(d) ବୋମା ନିକ୍ଷେପକାରୀ ବିମାନରୁ ବୋମାଟିଏ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହେବା ।

(ସଂକେତ - ବୋମା ପକାଇବା ବେଳେ ବୋମାଟି ବିମାନର ଭୂସମାନ୍ତର ଗତି ହିଁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ।)

(e) ନଦୀରେ ପାଲଟଣା ନୌକାର ଗତି

....

2. ଭିନ୍ନ ପ୍ରକ୍ଷେପକୋଣରେ ତିନିଗୋଟି ବଲ୍ ନିକ୍ଷେପ ହୋଇ ସମାନ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଉଚ୍ଚତାରେ ପହଞ୍ଚି ହେବ । (ଚିତ୍ର - 4.3) :

(a) ସବୁ ବଲ୍ ପାଇଁ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ସମାନ କି ? ଯଦି ନୁହେଁ, କେଉଁଟିର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ସବୁଠାରୁ କମ୍ ?

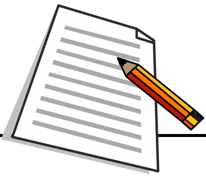
(b) ସମସ୍ତ ବଲ୍‌ର ଉଡାଣ ସମୟ ସମାନ କି ?

(c) କେଉଁଟିର ଭୂସମାନ୍ତର ପରିବେଗ ସବୁଠାରୁ ବେଶୀ ?

....

3. ଜଣେ ଖେଳାଳି ୫.90 ଦୂର ଲମ୍ବଡ଼ିଆଁ ଡେଇଁ ରେକର୍ଡ଼ କଲେ (set a record) । ତାଙ୍କର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗର ପରିମାଣ 9.5 ms^{-1} ନିଅ । ଯଦି ବାୟୁର ପ୍ରତିରୋଧ ଗଣନା କରା ନ ଯାଏ, ତେବେ ସେ ସର୍ବାଧିକ ପରାସର କେତେ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଡେଇଁଥିଲେ ? ଧରିନିଅ ଯେ $g = 9.78 ms^{-2}$ ।

....



ଟିପ୍ପଣୀ

4.2 ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ପ୍ରକ୍ଷେପପଥ (Trafectory of a Projectile)

ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଯେଉଁ ପଥରେ ଯାଏ ତାହାକୁ ତାର ପ୍ରକ୍ଷେପପଥ କହନ୍ତି । ଚିତ୍ର 4.1, 4.2, 4.3 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତପଥଗୁଡ଼ିକର ଆକୃତି ତୁମେ ଚିହ୍ନି ପାରିବ କି ?

ଯଦିଓ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କିଛି କଥା ଆମେ ଆଲୋଚନା କରିଛେ, ତଥାପି ଏହି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତିପଥ ବା ଉଡ଼ାଣ ପଥ କିଭଳି ହେବ, ଏ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଦେଇନାହୁଁ । ଏଣୁ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ଗତିପଥ ନିମିତ୍ତ ଏକ ସମୀକରଣ ନିରୂପଣ କରିବା । ଏହି ସମୀକରଣ ପାଇଁ x ଓ y ନିମିତ୍ତ ସମୀକରଣ (4.3b) ଓ (4.3d) ରୁ t କୁ ବାଦ ଦେବାକୁ ପଡ଼ିବ ।

ସମୀକରଣ (4.3b) ରୁ $t = \dfrac{x}{\upsilon_0 \cos\theta_0}$

ସମୀକରଣ (4.3d)ରେ t ର ଏହି ମାନ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ କଲେ ପାଇବା ଯେ

$$y = \upsilon_{oy}\frac{x}{\upsilon_{ax}} - \frac{1}{2}\frac{gx^2}{\upsilon_{ax}} \left(\because t = \frac{x}{\upsilon_{ax}}\right) \qquad (4.8a)$$

ସମୀକରଣ (4.8a) କୁ ବ୍ୟବହାର କଲେ, ମିଳିବ

$$y = (\tan\theta_0)\,x - \frac{g}{2(\upsilon_0 \cos\theta_0)^2}x^2 \qquad (4.8\text{ b})$$

ଯେହେତୁ $\upsilon_{oy} = \upsilon_0 \sin\theta$ ଓ $\upsilon_{ox} = \upsilon_0 \cos\theta.$

ସମୀକରଣ (4.8) - $y = ax + bx^2$ ହେଉଛି ପରାବଳୟର ସମୀକରଣ । ଏଣୁ ଯଦି ବାୟୁର ପ୍ରତିରୋଧକୁ ନଗଣ୍ୟ ବୋଲି ଧରି ନିଆଯାଏ, **ଯେକୌଣସି ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗ ସହିତ କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରି ଫିଙ୍ଗା ଯାଉଥିଲେ ଏହାର ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥର ଆକୃତି ଏକ ପରାବଳୟ କିମ୍ବା ଏକ ପରାବଳୟର ଅଂଶ ହୁଏ ।**

ଚିତ୍ର 4.3 ରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକ୍ଷେପ କୋଣରେ ନିକ୍ଷେପ କରାଯାଇଥିବା ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥଗୁଡ଼ିଏ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ସମୀକରଣ (4.5) ରୁ (4.7) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରାସରେ ଥିବା ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ବେଗ ଓ ପ୍ରକ୍ଷେପ କୋଣ ଇତ୍ୟାଦିର କଳନା ନିମିତ୍ତ ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତା ବହୁତ ବେଶୀ ହୁଏ, ତେବେ ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗତିର ପୂର୍ଣ୍ଣ ବର୍ଣ୍ଣନା ଦେଇ ପାରିବେ ନାହିଁ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ପୃଥିବୀର ଆବର୍ତ୍ତନ ଗତିକୁ ହିସାବକୁ ନେବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହା ଏହି ପାଠ୍ୟକ୍ରମର ପରିସରରେ ନାହିଁ ।

ଏବେ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ବିନ୍ଦୁ (x_0, y_0)ରୁ u_0 ପ୍ରକ୍ଷେପବେଗ ସହିତ θ_0 ପ୍ରକ୍ଷେପକୋଣରେ ନିକ୍ଷେପ ନିମିତ୍ତ ମୁଖ୍ୟ ସମୀକରଣ ଗୁଡ଼ିକ ଏକତ୍ର କରିବା ।

ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ସମୀକରଣ :

$a_x = 0 \qquad a_y = -g$ ....(4.9a)

$u_x = u_0 \cos\theta_0 \qquad u_y = u_0 \sin\theta_0 - gt$ ....(4.9b)

$x = x_0 + (u_0 \cos\theta_0)t \qquad y = y_0\ (u_0 \sin\theta_0)t - \frac{1}{2}gt^2$ ....(4.9c)

ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥର ସମୀକରଣ

$y = y_0 + (\tan\theta)(x - x_0) - g(x - x_0)^2 \ / \ 2\ (u_0 \cos\theta_0)^2$ ....(4.9d)

ଲକ୍ଷ୍ୟକର ଯେ ପୂର୍ବାଲୋଚିତ ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ତୁଳନାରେ ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକ ବ୍ୟାପକ ଅଟନ୍ତି । ଏଠାରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କକୁ (0,0) ନ ନିଆଯାଇ ଅନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ (x_0, y_0) ରୂପେ ନିଆଯାଇଛି । ତଦନୁଯାୟୀ ପ୍ରକ୍ଷେପପଥର ବ୍ୟାପକ ସମୀକରଣଟି ନିଗମନ କରି ପାରିବ କି ? ଅଧିକ ଅଗ୍ରସର ହେବା ପୂର୍ବରୁ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ସମତଳରେ ଗତି ବିଷୟରେ ତୁମେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଛ ଯାହାକୁ ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତି ଭାବେ ନିଆଯାଇପାରେ । ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ-ଗତିରେ ତ୍ୱରଣର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ସର୍ବଦା ସମାନ । ଅନ୍ୟ ଏକ ଧରଣର ଦ୍ୱି-ବିମିତୀୟ ଗତି ଅଛି ଯେଉଁଠି ତ୍ୱରଣ ପରିମାଣ ସମାନ ଥାଇ ଦିଗ ସର୍ବଦା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ । ଏହି ଗତିକୁ **ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି (uniform circular motion)** କହନ୍ତି ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ ଉପାଂଶରେ ସେ ସମ୍ପର୍କରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ।

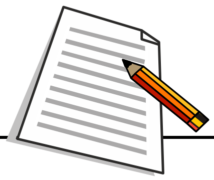
ଇଭାନଜେଲିଷ୍ଟା ଟରିସେଲି (Evangelista Torricalli)
(1608 - 1647)

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଟରିସେଲି ଥିଲେ ଗାଲିଲିଓ ଗାଲିଲିଓଙ୍କର ଶିଷ୍ୟ ଏବଂ ଜଣେ ଇଟାଲିୟାନ୍ ଗଣିତଜ୍ଞ । ସେ ପାରଦ ଚାପମାନଯନ୍ତ୍ର ଉଦ୍‌ଭାବନ କରିଥିଲେ । ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତଗୁଡ଼ିକର ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିଥିଲେ, ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଯାନ୍ତ୍ରିକ କୌଶଳରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିଥିଲେ ଏବଂ ପ୍ରାଥମିକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ପ୍ରକୃତି ନିର୍ବାତ (vacuum) କୁ ପସନ୍ଦ କରେ ନାହିଁ - ସେ ଏହି ତତ୍ତ୍ୱକୁ ଭୁଲ୍ ବୋଲି ପ୍ରମାଣ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଟରିସେଲି ଉପପାଦ୍ୟ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ ।

4.3 ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି (Circular Motion)

ଚିତ୍ର 4.4a କୁ ଦେଖ । ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଥିବା ଏକ କଣିପାର ଯଥାକ୍ରମେ ଦୁଇ ଭିନ୍ନ, ଭିନ୍ନ ସମୟ t_1 ଓ t_2 ରେ ଥିବା ଅବସ୍ଥାନ ସଦିଶ (positive vector) $\vec{r}_1$ ଓ $\vec{r}_2$ ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏଠାରେ ବ୍ୟବହୃତ ସମଶବ୍ଦଟି କଣିକାର ସମବେଗକୁ ହିଁ ସୂଚାଉଛି । କୁହାଯାଇଛି ଯେ କଣିକାର ବେଗ ଧ୍ରୁବ ଅଟେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ



ଟିପ୍ପଣୀ

କିନ୍ତୁ ଏହାର ପରିବେଗ ସମ୍ବନ୍ଧରେ କ'ଣ କହି ହେବ ? ଏହାର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ହାରାହାରି ପରିବେଗର ସଂଜ୍ଞା ମନେ ପକାଅ ଏବଂ P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁରେ ତାହା ଉପଯୋଗ କର ।

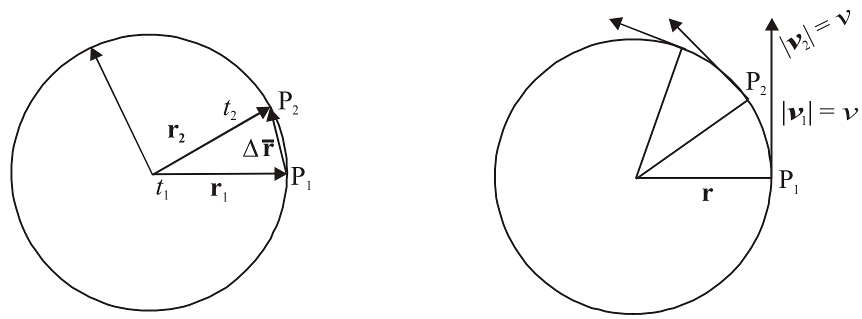
$$\vec{\upsilon}_{av} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \qquad (4.10\ a)$$

ଏକ ଗ୍ରାମଫୋନ୍ ରେକର୍ଡ଼ର ଗତି, ସମବେଗରେ ଘୂରୁଥିବା ଚକିର ଗତି, ସାଧାରଣ ଘଣ୍ଟା କଣ୍ଟାର ଗତି ଏବଂ ବକ୍ରପଥରେ ଏକ ଗାଡ଼ିର ଗତି ଇତ୍ୟାଦି ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିର ଉଦାହରଣ । ଗାଡ଼ିର ଗିୟର୍, ପୁଲି (pulley) ଏବଂ ଚକ ଇତ୍ୟାଦିର ଗତି ମଧ୍ୟ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି । ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ହେଉଛି ସବୁଠାରୁ ସରଳ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି । ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିର ଅତି ସାଧାରଣ ଉଦାହରଣ ହେଉଛି ଘୂର୍ଣ୍ଣାୟମାନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପଙ୍ଖାର ବ୍ଲେଡ୍‌ରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁର ଗତି କିମ୍ବା ସମବେଗରେ ଘୂରୁଥିବା ଗ୍ରାଇଣ୍ଡର୍ ଉପରେ ଥିବା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁର ଗତି ।

ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂରୁଥିବା କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହର ଗତି ମଧ୍ୟ ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିର ଅନ୍ୟ ଏକ ଉଦାହରଣ । INSAT ଶ୍ରେଣୀୟ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଏବଂ ସେହିପରି ଅନ୍ୟାନ୍ୟ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଆମ୍ଭମାନଙ୍କ ଅଶେଷ ଉପକାର ସାଧିତ ହୋଇଛି । ତେଣୁ ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କରାଯାଉ ।

4.3.1 ସମ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି (Uniform circular Motion)

ସଂଜ୍ଞାନୁଯାୟୀ, ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ହେଉଛି ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ସମବେଗରେ ଗତି ।



ଚିତ୍ର 4.4(a) : ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଥିବା ଏକ କଣିକାର ଅବସ୍ଥାନ
(b) : ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି

ଚିତ୍ର 4.4a ରେ ଭେକ୍ଟର ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ମନେକର ସମୟାନ୍ତର Dt କୁ କ୍ଷୁଦ୍ରରୁ କ୍ଷୁଦ୍ରତର କରଯାଉଛି ଯେପରିକି ଏହା ପ୍ରାୟତଃ ଶୂନ୍ । ସେତେବେଳେ D**r** କ'ଣ ହେବ ? ବିଶେଷ ଭାବରେ D**r** ର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ? Dt ଶୂନ୍ ପାଖାପାଖି ହେଲେ ଏହା ବୃତ୍ତଯି ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ ତୁଲ୍ୟ ହୁଏ । ଗାଣିତିକ ଭାଷାରେ ଆମେ P_1 ବିନ୍ଦୁରେ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ପରିବେଗର ସଂଜଞା ଯେପରି ଲେଖିପାରିବା ତାହା ହେଉଛି

$$\boldsymbol{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \qquad (4.10\ b)$$

ଏହି ପ୍ରକାରେ ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ପରିବେଗ ସଦିଶ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ । ଏପରି କାହିଁକି ହୁଏ କହି ପାରିବ କି ? ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ପରିବେଗର ଦିଗ ସମୟାନୁଯାୟୀ ସ୍ଥିର ରହେ ନାହିଁ । କଣିକାଟି ବୃତ୍ତ ଚାରିପଟେ ଘୂରିବା ବେଳେ ଏହାର ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ (ଚିତ୍ର 4.4b)

ପରିବେଗର **ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁଁ ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଏକ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ଗତି ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ତ୍ୱରଣକୁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ କହନ୍ତି** । ଏ ବିଷୟରେ ଆଉ କିଛି ବ୍ୟାପକ ଭାବରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ।

କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ :

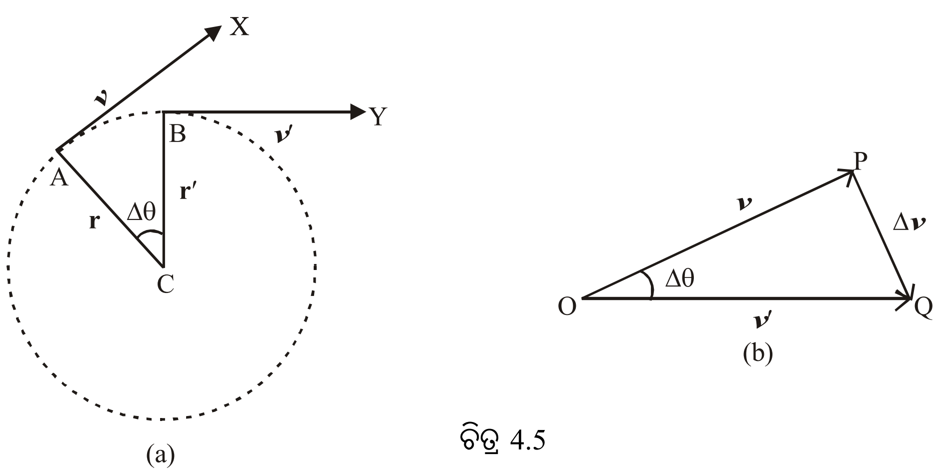
ମନେକର m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କଣିକାଟି r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ସମବେଗ u ସହିତ ଗତି କରୁଅଛି । କୌଣସି ଏକ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଏହାର ସ୍ଥିତି A ହେଉ (ଚିତ୍ର 4.5a) । A ଠାରେ ଏହାର ଗତି AX ଦିଗରେ ରହୁ । ସ୍ୱଳ୍ପ ସମୟ Dt ପରେ B ଠାରେ ପହଞ୍ଚେ । କଣିକାଟିର ସ୍ଥିତି ହେଉ B ଏବଂ ଏହାର ପରିବେଗ ବୃତ୍ତ ପ୍ରତି B ଠାରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ BY ଦିଗରେ ରହୁ । A ଓ B ଠାରେ ଅବସ୍ଥାନ ସଦିଶ ଯଥାକ୍ରମେ $\mathbf{r}$ ଓ $\mathbf{r}'$ ଏବଂ ପରିବେଗ $\boldsymbol{v}$ ଓ $\boldsymbol{v}'$ (ଚିତ୍ର 4.5a) ହେଉ ।

ଏଣୁ ଏହି ସମୟାନ୍ତରରେ ପରିବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସଦିଶଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ଥିବା ତ୍ରିଭୁଜନିୟମରୁ କଳନା କରାଯାଏ । ଯେହେତୁ କଣିକାଟିର ଗତିପଥ ବୃତ୍ତୀୟ ଏବଂ ପରିବେଗ ବୃତ୍ତଟି ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ ରୂପେ ରହିଥାଏ, ଏବଂ $\boldsymbol{v}$, $\mathbf{r}$ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଭାବେ ରହେ ଏବଂ $\boldsymbol{v}'$, $\mathbf{r}'$ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଭାବେ ରହେ । ଯେହେତୁ ହାରାହାରି ତ୍ୱରଣ

$\left(\mathbf{a} = \dfrac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}\right)$ D$\boldsymbol{v}$ ଦିଗରେ ରହେ, ଏହି ହାରାହାରି ତ୍ୱରଣ D$\mathbf{r}$ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୁଏ ।

$\mathbf{r}$ ଓ $\mathbf{r}'$ ମଧ୍ୟରେ କୋଣଟି = Dq ହେଉ । ତେବେ $\boldsymbol{v}$ ଓ $\boldsymbol{v}'$ ମଧ୍ୟରେ କୋଣଟି ମଧ୍ୟ Dq ହେବ, ଯେହେତୁ ଏଠାରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ପରିବେଗ $\boldsymbol{v}$ ଓ ଅବସ୍ଥାନ ସଦିଶ $\mathbf{r}$ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଅଟନ୍ତି ।

ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁଁ ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ D$\boldsymbol{v}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବୃତ୍ତ ବାହାରେ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁ O ନିଆଯାଉ । ସରଳରେଖା OP କୁ AX (କିମ୍ବା $\boldsymbol{v}$) ସହିତ ସମାନ ଓ ସମାନ୍ତର ଭାବେ ଏବଂ ସରଳରେଖା OQ କୁ BY (କିମ୍ବା $\boldsymbol{v}'$) ସହିତ ସମାନ ଓ ସମାନ୍ତର ଭାବେ ଟଣାଯାଉ (ଚିତ୍ର 4.5b) ।



ଚିତ୍ର 4.5

ଟିପ୍ପଣୀ

ଯେହେତୁ $|\boldsymbol{v}| = |\boldsymbol{v}'|$, OP = OQ । PQ କୁ ଯୋଗ କରାଯାଉ ଏବଂ ତୁମେ ଏବେ ତ୍ରିଭୁଜ OPQ (ଚିତ୍ର 4.5b) ପାଉଛ । ଏହି OPQ ତ୍ରିଭୁଜରେ OP ଓ OQ ବାହୁ ଯଥାକ୍ରମେ A ଓ B ରେ ପରିବେଗ ସଦିଶ $\boldsymbol{v}$ ଓ $\boldsymbol{v}'$ ର ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରନ୍ତି । ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କର ପାର୍ଥକ୍ୟ PQ ବାହୁ ଦ୍ୱାରା ପରିମାଣ ଏବଂ ଦିଗରେ ସୂଚିତ ହୁଏ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ Dt ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କଣିକାଟି A ରୁ B କୁ ଗତି କଲେ, ପରିମାଣ ଓ ଦିଗରେ PQ ସହିତ ସମାନ ହେଉଥିବା ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଥାଏ ।

\ ତ୍ୱରଣ = ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର । ଏଣୁ $\mathbf{a} = \frac{\Delta◆}{\Delta t} = \frac{PQ}{\Delta t}$ ହୁଏ । ଯେହେତୁ Dt ବହୁତ ଛୋଟ, ତେଣୁ AB ମଧ୍ୟ ବହୁତ ଛୋଟ ଏବଂ ପ୍ରାୟ ଏକ ସରଳରେଖା । ଏଣୁ ଚାପ AB ଜ୍ୟା **AB** ହୁଏ । ସେତେବେଳେ DACB ଓ DPOQ ଦ୍ୱୟ ସମଦ୍ୱି ବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ସମାନ ଅଟନ୍ତି । ତେଣୁ ଏହି ତ୍ରିଭୁଜ ଦ୍ୱୟ ସଦୃଶ । ସେଥିପାଇଁ

$$\frac{PQ}{AB} = \frac{OP}{CA}$$

କିମ୍ବା $\frac{\Delta \upsilon}{\upsilon \Delta t} = \frac{\upsilon}{r}$ (ଯେହେତୁ ପରିବେଗ ସଦିଶ $\boldsymbol{v}$ ଓ $\boldsymbol{v}'$ ର ପରିମାଣ = u ବୋଲି ମନେକରାଯାଉ)

$$\backslash \quad \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon^2}{r}$$

କିନ୍ତୁ $\frac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$ ହେଉଛି କଣିକାଟିର ତ୍ୱରଣ । ଏଣୁ

କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ $a = \frac{\upsilon^2}{r}$

ଯେହେତୁ u = rw, କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ହୁଏ

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

ଯେତେବେଳେ Dt ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର (Dt ® 0) ହୁଏ ସେତେବେଳେ Dq ମଧ୍ୟ ଅତି ଛୋଟ ହୁଏ ଏବଂ ÐOPQ = ÐOQP = 1 ସମକୋଣ ହୁଏ । ତେଣୁ PQ ମଧ୍ୟ OP ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଯାହାକି A ରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ **AX** ସହ ସମାନ୍ତର ଯେହେତୁ AC ମଧ୍ୟ AX ପ୍ରତି ଲମ୍ବ, ତେଣୁ AC ମଧ୍ୟ PQ ସହ ସମାନ୍ତର । ଏହା ଦର୍ଶାଏ ଯେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦିଗରେ ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ ।

ଏହା ମଧ୍ୟ ଦର୍ଶାଏ ଯେ କୌଣସି ବସ୍ତୁକୁ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂରାଇବା ଲାଗି ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କିଛି ସର୍ବନିମ୍ନ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଏପରି କିଛି ବଳ ନଥାଏ, ବସ୍ତୁଟି ସରଳ

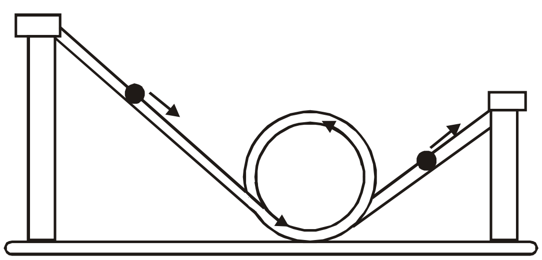
ରୈଖିକ ପଥରେ ବୃତ୍ତ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ଗତି କରେ । ଏହା ଅନୁଭବ କରିବା ନିମିତ୍ତ ତୁମେ ଏକ ସରଳ ପରୀକ୍ଷା (activity) କରିପାର ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 4.1

ଛୋଟ ଟେକାଟିଏ ନିଅ ଏବଂ ଏକ ସୂତାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ ତାହା ବାନ୍ଧ । ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡଟି ତୁମର ଏକ ଆଙ୍ଗୁଠିରେ ଗୁଡ଼ାଇ ଟେକାଟିକୁ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର କିମ୍ବା ଭୂଲମ୍ବ ସମତଳରେ ଘୂରାଅ । ପ୍ରଥମେ ଅଳ୍ପ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ବେଗରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଏହାକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବଢ଼ାଅ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ବେଗ କମିଯାଏ କ'ଣ ହେଉଛି ଦେଖ । ଯେତେବେଳେ ଟେକାଟି ଘୂରୁଛି ତୁମେ ଆଙ୍ଗୁଠି ଉପରେ କିଛି ଟଣା ଅନୁଭବ କରୁଛ କି ? ଟେକାଟି ଘୂରୁଥିବାବେଳେ ଯଦି ତୁମେ ସୂତାଟି ଛାଡ଼ି ଦିଅ ଟେକାଟିର ଅବସ୍ଥା କ'ଣ ହୁଏ ? ଏହା ତୁମେ କିପରି ବୁଝାଇବ ?

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 4.2

ଏକ ମିଟର ଲମ୍ବ ଆଲୁମିନିୟମର ଏକ ଚ୍ୟାନେଲ୍ (channel) ନିଅ । ଏହାକୁ ଚିତ୍ର 4.6 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପରି ବଙ୍କାଅ ଯେପରିକି ମଝିରେ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଲୁପ୍ (loop) ହେବ । ଦରକାର ହେଲେ କୌଣସି ଟେକ୍‌ନିସିଆନ୍‌ଙ୍କ ସହାୟତା ନିଅ । ଏକ କାଚଗୁଲିକୁ ଏହି ଚାନେଲ୍ ଦେଇ ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱରୁ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଗଡ଼ାଅ । ପ୍ରତି କ୍ଷେତ୍ରରେ କାଚଗୁଲିଟି ମଝିରେ ଥିବା ଲୁପ୍‌ରେ ଉପରକୁ ଉଠି ପୁନଶ୍ଚ ତଳକୁ ଗତି ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ଉଠି ଯାଉଛି କି ? କେତେ ସର୍ବନିମ୍ନ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଗଡ଼ାଇଲେ ଗୁଲିଟି ଲୁପ୍ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ପୂରାମାତ୍ରାରେ ଗଡ଼ି ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ଉଠି ଯାଉଛି ଏବଂ ଏହି ଉଚ୍ଚତାରୁ କମ୍ ଉଚ୍ଚରୁ ଗଡ଼ାଇଲେ ଲୁପ୍‌ରେ ଗତି ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ କରିପାରିବ ନାହିଁ । ଏହାକୁ କିପରି ବୁଝାଇବ ?

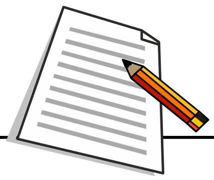


ଚିତ୍ର 4.5 : କାଚଗୁଲିଟି ଲୁପ୍‌ରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ଥାନକୁ ଉଠି ପୁଣି ତଳ ଆଡ଼କୁ ଛାଡ଼େ ଯଦି ଏହା ଆନତ ପଥଟିରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଗଡ଼ିବା ଆରମ୍ଭ କରିଥାଏ ।

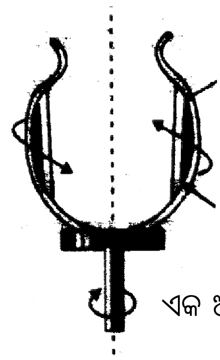
କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳର କେତେକ ଉପଯୋଗ

(i) ସେଣ୍ଟ୍ରିଫ୍ୟୁଜ୍ ବା ଅପକେନ୍ଦ୍ରକ :

ବିଭିନ୍ନ ଘନତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ମିଶ୍ରଣରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକକୁ ପୃଥକ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଚକ୍ରଣ କରୁଥିବା ଏହା ଏକ ସାଧନ । ଏପରି ସାଧନକୁ ସେଣ୍ଟ୍ରିଫ୍ୟୁଜ୍ କହନ୍ତି । ଏଥିରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଘନତ୍ୱର ଦୁଇ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମିଶ୍ରଣକୁ ରଖି ଏହାକୁ ଯଦି ଉଚ୍ଚ ବେଗରେ ଘୂରାଯାଏ, ତେବେ ଓଜନିଆ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଅଧିକ ହୁଏ । ଯେହେତୁ ଏହି ପଦାର୍ଥ ପାତ୍ରଟିର ସର୍ବାଧିକ ବାହାର ପଟ ଆଡ଼କୁ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ତେଣୁ ଏହାକୁ ପୃଥକ କରାଯାଇପାରେ । ୟୁରାନିୟମ୍‌ର ସମୃଦ୍ଧି କରଣରେ ଏହିପରି ସାଧନ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ରାସାୟନିକ ପ୍ରୟୋଗଶାଳାରେ ଏହି ପ୍ରକାର ସାଧନ ରାସାୟନିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।



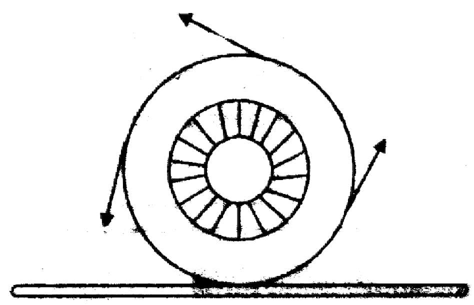
ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର - 4.6 ଏକ ଗୋଲାକାର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ଓ ପାରଦକୁ ରଖି ପାତ୍ରଟିକୁ ଏହାର ଅକ୍ଷ ଚାରିପଟେ ଘୂରାଇଲେ ଜଳ ପାତ୍ରର ଭିତର ପଟକୁ ରହେ ଏବଂ ପାରଦ ପାତ୍ରଟିର ବାହାର ପୃଷ୍ଠରେ ଲାଗିରହେ ।

କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ପରି ଅଧିକ ଘନ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଅଧିକତର ହୁଏ ।

(ii) ଗାଡ଼ିର ଟାୟାର୍‌ରେ ଲାଗିଥିବା କାଦୁଅ ଚକ ଜୋର୍‌ରେ ନ ଗଡ଼ିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସେହିପରି ଲାଗିଥାଏ । ବେଗ ଅଧିକ ହେବା ପରେ ଏହି କାଦୁଅ ଟାୟାର୍‌ରୁ ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ଉଡ଼ିଯାଏ (ଚିତ୍ର - 4.7) ।



ଚିତ୍ର - 4.7 ପାଣି କିମ୍ବା କାଦୁଅ ଜୋରରେ ଘୂରୁଥିବା ଟାୟାର୍‌ରୁ କିପରି ସ୍ପର୍ଶକ ଦିଗରେ ଉଡ଼ିଯାଏ ।

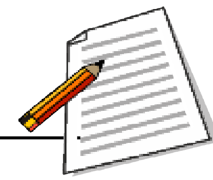
(iii) ଗ୍ରହମାନଙ୍କର ଗତି : ପୃଥିବୀ ଓ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଘୂରୁଥିବା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଗ୍ରହ ସବୁ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମହାକର୍ଷଣ ବଳରୁ ଆବଶ୍ୟକ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଉଦାହରଣ - 4.2 : ଶୂନ୍ୟରେ ଉଡୁଥିବାବେଳେ ମହାକାଶ ଯାତ୍ରୀ ଅଧିକ ତ୍ୱରଣ ଅନୁଭବ କରନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ପରିସ୍ଥିତି ନିମନ୍ତେ ତାଲିମ ଶିବିରଗୁଡ଼ିକରେ ସେମାନଙ୍କୁ ଆବଦ୍ଧ କ୍ୟାପସୁଲ୍ (capsule) ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହି କ୍ୟାପସୁଲ୍‌କୁ 15m ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଘୂର୍ଣ୍ଣାୟମାନ ବାହୁର ଶେଷରେ ଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି କ୍ୟାପସୁଲ୍ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂରାଯାଏ, - ଯେପରି ସୂତାରେ ଢେଲାଟିଏ ବାନ୍ଧି ଆମ୍ଭେମାନେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂରାଉ । ଯଦି ଉକ୍ତ ବାହୁଟି ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି 24 ଥର ଘୂରେ, ତେବେ କ୍ୟାପସୁଲ୍‌ଟିର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ପରିଧି $= 2pr = 2p \times 15m = 30pm$

ଯେହେତୁ କ୍ୟାପସୁଲ୍‌ଟି ଏକ ମିନିଟ୍ ବା 60s ରେ 24 ଟି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ପୂର୍ଣ୍ଣକରେ,

ଥରେ ସେହିପଥରେ ଘୂରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ $= \frac{60s}{24} = \frac{5}{2}s$



ଟିପ୍ପଣୀ

\ କ୍ୟାପସୁଲ୍‌ଟିର ବେଗ = $\upsilon = \dfrac{2\pi r}{T} = \dfrac{30\pi m}{5/2s} = \dfrac{60\pi}{5}$ m/s

$= 37.7$ m/s ~ 38 m/s

\ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ = $a = \dfrac{\upsilon^2}{r} = \dfrac{(37.7 m/s)^2}{15m} = 96\ ms^{-2}$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ ଏହି କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଜନିତ ତ୍ୱରଣର ପ୍ରାୟ 10 ଗୁଣ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 4.2

1. ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ (a) ବେଗ ସ୍ଥିର ରହେ କି ?, (b) ପରିବେଗ ସ୍ଥିର ରହେ କି ?, (c) ତ୍ୱରଣର ପରିମାଣ ସମାନ ରହେ କି ?, (d) ତ୍ୱରଣ ସ୍ଥିର ରହେ କି ? ବୁଝାଅ ।

....

2. ଜଣେ ଧାବକ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ 9.0 ms^{-1} ବେଗରେ ଦୌଡନ୍ତି ଏବଂ ତାଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ 3 ms^{-2} ହୁଏ । ପଥଟିର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କଳନା କର ।

....

3. ଫର୍ମି-ଗବେଷଣାଗାରରେ ଥିବା ତ୍ୱରିତ୍ର (accelerator) ବୃହତ୍ତମ କଣିକା ତ୍ୱରିତ୍ର (particle accelerator) ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ ଅନ୍ୟତମ । ଏହି ତ୍ୱରିତ୍ରରେ ପ୍ରୋଟନ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ଏକ ନିର୍ବାତ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ 2.0km ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ବୃତ୍ତାକାର କକ୍ଷରେ ଆଲୋକ ବେଗର 99.99995% ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରୋଟନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ କଳନା କର ।

$c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$ ବୋଲି ଧରିନିଅ ।

....

4.4 ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିର ପ୍ରୟୋଗ

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତୁମେ ପଢ଼ିଛ ଯେ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରୁଥିବା ବସ୍ତୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ତୁମେ ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ ନିଉଟନଙ୍କ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ପଢ଼ିଛ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମରୁ ଆମେ କହି ପାରିବା ଯେ ଯେହେତୁ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଥିବା ବସ୍ତୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ, ତେଣୁ ଏହା ଉପରେ ନିଶ୍ଚୟ ଏକ ବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ବଳର ଦିଗ ଓ ପରିମାଣ କ'ଣ ? ଏହି ଅନୁଚ୍ଛେଦରେ ତୁମେ ଏହି ବିଷୟରେ ପଢ଼ିବ । ଏହାପରେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତିନିୟମଗୁଡ଼ିକ ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା । ଏଥିରୁ ଜାଣିହେବ, ସଡକ ଗୁଡ଼ିକର କାହିଁକି ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ (banking) କରାଯାଏ କିମ୍ବା ଯେତେବେଳେ ବାୟୁଯାନଗୁଡ଼ିକୁ ପାଇଲଟ୍ ଭୂଲମ୍ବ ପାଶ (vertical loops) ରେ ଉଡ଼ାଇଥାଅନ୍ତି ସେ କାହିଁକି ତାଙ୍କ ସିଟ୍ ସହିତ ଚାପି ହୋଇଯିବା ପରି ଅନୁଭବ କରନ୍ତି ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଯେଉଁ ବଳ ଏକ କଣିକାର ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ବଜାୟ ରଖେ, ଆମେ ପ୍ରଥମେ ସେହି ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା । ମନେକର କଣିକାଟି r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ବୃତ୍ତରେ ସ୍ଥିର ବେଗ υ ରେ ଗତି କରୁଛି । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ କଣିକାଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟବଳର ତ୍ୱରଣ ସହିତ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି-

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} = -\frac{m\upsilon^2}{r}\hat{r}$$

ଯେଉଁଠି $$|\mathbf{F}| = \frac{m\upsilon^2}{r} \qquad (4.19)$$

ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ଏହି ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟ ବଳ ପରିମାଣ ସମୀକରଣ (4.19)ରୁ ମିଳେ ଏବଂ ଏହାକୁ **କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀବଳ** କହନ୍ତି । ଏଠାରେ ଏକ ବିଶେଷ କଥା ବୁଝିବାକୁ ହେବ ଏବଂ ମନେରଖିବାକୁ ହେବ ଯେ ଏହି କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ପରି ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟାଶୀଳ ବଳ (force of interaction) ନୁହେଁ । ଏହି ପଦ କେବଳ ସୂଚାଏ ଯେ ସମ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଥିବା କଣିକା ଉପରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୂଲ୍ୟର ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ ସର୍ବଦା କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବଳ କେଉଁଠୁ ଆସେ, ତାହା ଏଥିରୁ ଜଣା ପଡ଼େ ନାହିଁ ।

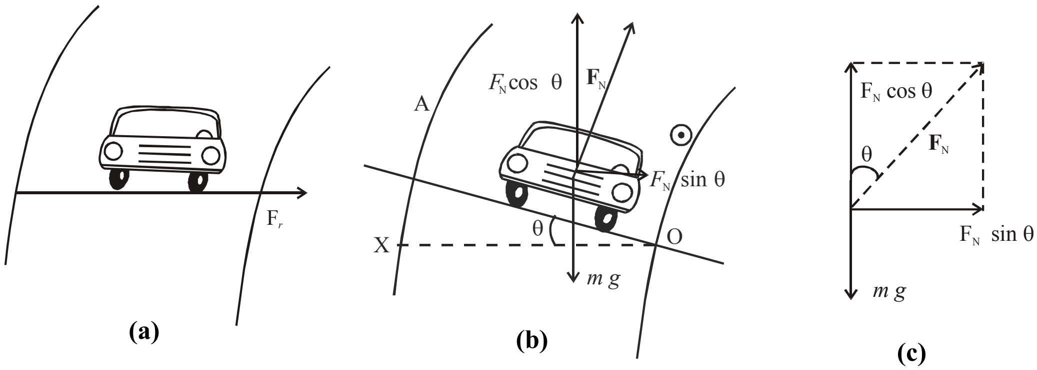
ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ଏହି ବଳ ମଧ୍ୟ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ କୌଣସି ଗ୍ରହର ପରିକ୍ରମଣରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମହାକର୍ଷଣ ବଳରୁ ହିଁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ମିଳେ । ସେହିପରି ଏକ କାର୍ କୌଣସି ବାଙ୍କ ରାସ୍ତାରେ ବୁଲିବା ବେଳେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ରାସ୍ତା ଓ କାର୍‌ର ଟାୟାର୍ ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟ ଘର୍ଷଣ ବଳରୁ ମିଳିଥାଏ । ଯଦି ରାସ୍ତାଟି ବ୍ୟାଙ୍କଡ୍ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରାସ୍ତାର ଅଭିଲମ୍ବିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶରୁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ମିଳେ । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରୟୋଗରେ ଆମେ ଏ ସଂପର୍କର ଭଲ ଭାବେ ବୁଝି ପାରିବା ।

4.4.1 ରାସ୍ତାରେ ହୋଇଥିବା ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ (Banking of Roads)

ରାସ୍ତାରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ମୋଡ଼ଟି ଅଧିକ ଥିଲେ ଏବଂ ସେହି ମୋଡ଼ରେ ସାଇକେଲ୍ ଚଲାଇ ଗଲାବେଳେ ତୁମେ ରାସ୍ତା ବାହାରକୁ ଫିଙ୍ଗି ହୋଇ ଯିବାପରି ଅନୁଭବ କର । କେବେ ଭାବିଛ କି ଏହା କାହିଁକି ହୁଏ ? ତୁମକୁ ବୃତ୍ତୀୟ ପଥରେ ରଖିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଉପଲବ୍ଧ ନ ହୋଇଥିବାରୁ ତୁମକୁ ବାହାରକୁ ଫିଙ୍ଗି ହେଲା ଭଳି ଅନୁଭୂତ ହୁଏ । ଟାୟାର ଏବଂ ରାସ୍ତା ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ କିଛି ମାତ୍ରା ବଳ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ତାହା ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ତୁମ ଗତି କମାଇ ଦେଲେ, ଆବଶ୍ୟକୀୟ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ହ୍ରାସ ପାଏ ଏବଂ ତୁମେ ମୋଡ଼ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିପାର । ଯଦି ତୁମେ ମୋଡ଼ର କେନ୍ଦ୍ରପଟକୁ ନ ଢ଼ଳ, ତେବେ ମୋଡ଼ରେ ବୁଲିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ କେନ୍ଦ୍ରାଭମୁଖୀ ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟିବାର ଯଥେଷ୍ଟ ସମ୍ଭାବନା ଦେଖାଦିଏ । ଚାରିଚକିଆ ଯାନ ଏପରି ମୋଡ଼ ରାସ୍ତାରେ ଯିବାବେଳେ ମୋଡ଼ର ବାହାର ପାର୍ଶ୍ୱଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱ ଅପେକ୍ଷା ଅଳ୍ପ ଉଚ୍ଚା କରାଯାଇଥାଏ, ଯଦ୍ୱାରା ଉକ୍ତଯାନଟି ମୋଡ଼ର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ସ୍ୱତଃ ଢଳିଥାଏ । ରାସ୍ତାର ଏ ପ୍ରକାର ପ୍ରସ୍ତୁତିକୁ ଏହାର ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କହନ୍ତି ।

ମନେକର ଏପରି ରାସ୍ତାରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କାର୍‌ଟିର υ ବେଗରେ ସେହି ମୋଡ଼ରେ ବୁଲୁଛି (ଚିତ୍ର – 4.6) । କାର୍‌ଟିକୁ ବୃତ୍ତାକାର ପଥ ଉପରେ ସମବେଗରେ ଗତି କରିବା ନିମିତ୍ତ କାର୍ ଉପରେ କେନ୍ଦ୍ର

ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଥିବା ଏକ ବଳ ନିଶ୍ଚୟ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେବ ଏବଂ ଏହାର ପରିମାଣ ହେବ $\frac{m\upsilon^2}{r}$, ଏଠାରେ r ରାସ୍ତାର ବାଙ୍କ ଅଂଶର ବକ୍ରତା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (radius of curvature) ।



ଚିତ୍ର – 4.୪ ମୋଡ଼ରେ ବୁଲୁଥିବା କାର୍ (a) ସମତଳ ବିଶିଷ୍ଟ ରାସ୍ତାରେ (b) ବ୍ୟାଙ୍କ୍ଡ୍ ହୋଇଥିବା ରାସ୍ତାରେ (c) କାର୍ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଏବଂ F_N କୁ ଏହାର ସମକୋଣୀୟ ଉପାଂଶରେ ବିଭାଜନ

ଯଦି ରାସ୍ତାଟି ସମତଳ ହୋଇଥାଏ, କାର୍‌କୁ ବୃତ୍ତୀୟ ପଥରେ ରଖିବାକୁ ରାସ୍ତା ଓ କାର୍‌ର ଟାୟାର୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଘର୍ଷଣ ବଳ ହିଁ ଆବଶ୍ୟକ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଯୋଗାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହା ଫଳରେ ଟାୟାର୍‌ଟି ଶୀଘ୍ର ନଷ୍ଟ ହୁଏ ଏବଂ ସ୍ଥଳ ବିଶେଷରେ କାର୍‌ଟିକୁ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ନିରାପଦରେ ବୁଲାଇବା ପାଇଁ ହୁଏତ ପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ ନ ହୋଇପାରେ । ସେଥିପାଇଁ ମୋଡ଼ ଥିବା ଅଂଶରେ ରାସ୍ତାକୁ ବ୍ୟାଙ୍କ୍ଡ୍ କରାଯାଏ । ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ ହେଉଛି ବକ୍ରରାସ୍ତାର ଭିତର ସୀମା (edge)ର ସମତଳ ଠାରୁ କ୍ରମଶଃ ବାହାର ସୀମା ସମତଳର କିଛି ଅଧିକ ଉଚ୍ଚତା (ଚିତ୍ର – 4.୪ b) । ବାସ୍ତବତଃ, ସଡକଗୁଡ଼ିକୁ ଏପରି ଢାଞ୍ଚାରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ ଯେପରିକି ଘର୍ଷଣ ବଳ ଉପରେ ନିର୍ଭରତା କମ୍ ହେବ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଯେତେବେଳେ କାର୍‌ର ଟାୟାର୍ ସବୁ ଘଷି ହୋଇ ଚିକ୍କଣ ହୋଇଗଲେ କିମ୍ବା ସଡ଼କ ଉପରେ ପାଣି କିମ୍ବା ବରଫ ପଡ଼ିଥିଲେ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । ତେଣୁ ସଡ଼କଗୁଡ଼କୁ ମୋଡ଼ ଠାରେ ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କରାଯାଏ ଯାହା ଫଳରେ ଘର୍ଷଣ ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଗଲେ ମଧ୍ୟ ଗାଡ଼ିଗୁଡ଼ିକ ନିଜ ନିଜ ରାସ୍ତାରୁ ବିଚ୍ୟୁତ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ ।

ଏବେ ଆମେ କାର୍‌ର ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ (free body diagram) କୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରି ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କୋଣ θ ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରିବା । ସଡ଼କର ବକ୍ରତା ତଥା କାର୍‌ଟିର ସର୍ବାଧିକ ଅନୁମୋଦିତ ବେଗକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରି ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କୋଣ ଥିବା ଅବସ୍ଥା ସ୍ଥିର କରାଯାଇଥାଏ ।

ପ୍ରଥମେ କାର୍ ଟାୟାର୍ ଓ ରାସ୍ତା ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଘର୍ଷଣ ବଳ ନ ଥିବା ଅବସ୍ଥା ବିଚାର କରିବା । କାର୍‌ଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲେ କାର୍‌ର ଓଜନ mg ଓ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା F_N । F_N ର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶରୁ ଏଠାରେ କାର୍‌ଟିର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ । ବଳ F_N କୁ ଏହାର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ଓ ଅଭିଲମ୍ବୀ ଉପାଂଶରେ ବିୟୋଜନ କଲେ ଆମେ ପାଇବା ଯେ –

$$F_N \sin\theta = \frac{m\upsilon^2}{r} \qquad \text{----------- (4.20a)}$$

ଟିପ୍ପଣୀ

ଯେହେତୁ ଏ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ କୌଣସି ତ୍ୱରଣ ନଥାଏ, ତେଣୁ F_Nର ଅଭିଲମ୍ବ ଉପାଂଶ କାର୍‌ଟିର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ହେବ ।

ଅର୍ଥାତ୍ $F_N \cos\theta = mg$ ----------- (4.20b)

ଏଠାରେ ଦୁଇଟି ଅଜ୍ଞାତ ରାଶି ପାଇଁ ଦୁଇଟି ସମୀକରଣ ରହିଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୀକରଣ (4.20a)କୁ ସମୀକରଣ (4.20b)ଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ ଆମେ ପାଇବା

$$\tan\theta = \frac{m\upsilon^2/r}{mg} = \frac{\upsilon^2}{rg}$$

କିମ୍ବା, $\theta = \tan^{-1}\frac{\upsilon^2}{rg}$ ------------- (4.21)

υ ର ସର୍ବାଧିକ ପରିମାଣ ସୀମା ଏବଂ θ ର ନିର୍ବାଚନ ପାଇଁ ଆମେ ସମୀକରଣ (4.21)ର ଆମେ କିପରି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ? ପ୍ରଥମତଃ ସମୀକରଣ (4.21) ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କୋଣ ଯାନଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ବଡ଼, ବଡ଼ ଟ୍ରକ୍ ଓ ଅନ୍ୟ ଭାରୀଯାନ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟାଙ୍କ୍‌ଡ୍ ସଡ଼କରେ ଯାଇ ପାରିବେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟତଃ ଉଚ୍ଚବେଗ ଏବଂ ରାସ୍ତାର ଅତ୍ୟଧିକ ବକ୍ରତା ପାଇଁ (ଯେଉଁଠି r ବହୁତ କମ୍) θ ର ମୂଲ୍ୟ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ । ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ θ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ, ବେଗ ଯଦି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ υ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ, ଯାନଟି ବକ୍ରରାସ୍ତାଟିର ବାହାର ଧାର ଆଡ଼କୁ ମାଡ଼ି ଯିବାର ଉପକ୍ରମ କରିବ । ତେଣୁ ଗାଡ଼ିର ଚାଳକକୁ ରାସ୍ତାର ବକ୍ର ଅଂଶରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରାଯାଇଥିବା ବେଗର ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ଗାଡ଼ି ଚଳାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ ନଚେତ୍ ଏହା ରାସ୍ତାରୁ ଖସି ଯାଇପାରେ ଏବଂ ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟିପାରେ ।

ସାଧାରଣତଃ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ବେଗର ପରାସ υ ଠାରୁ କିଛି କମ୍ ଓ କିଛି ଅଧିକ ମଧ୍ୟରେ ରହିପାରେ । ଯଦି ଗାଡ଼ିର ବେଗ ଏହି ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହେ ଗାଡ଼ିଗୁଡ଼ିକ ରାସ୍ତାର ବକ୍ର ଅଂଶରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଗତି କରି ପାରନ୍ତି । ଏ ସଂପର୍କରେ ସଂଖ୍ୟାର ଧାରଣା ପାଇଁ ମନେକର ଏକ ବକ୍ର ପଥର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 300m ଏବଂ ଏହି ପଥରେ ଗାଡ଼ିଟିଏ $50ms^{-1}$ ବେଗରେ ଯାଉଛି । ତେବେ ଏହି ରାସ୍ତାର ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କୋଣର ପରିମାଣ କ'ଣ ହେବ ? ସମୀକରଣ (4.21) ର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ତୁମେ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ θ ର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କରି ପାରିବ ଏବଂ ଏହା ହେବ

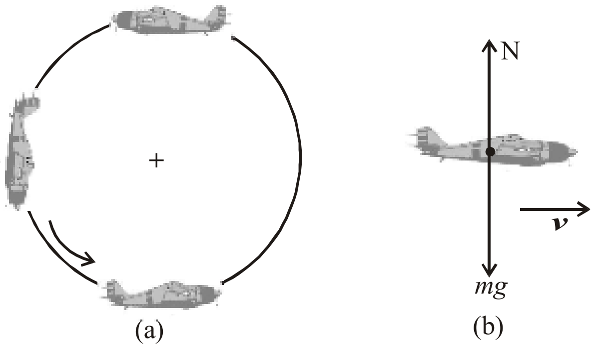
$$\theta = \tan^{-1} = \frac{(50\ \mathrm{ms}^{-1})^2}{(300\ \mathrm{m})(9.8\ \mathrm{ms}^{-2})}$$

$$= \tan^{-1}(0.017) = 1^0$$

ଅନ୍ୟ ଏକ ଉପଯୋଗ ମଧ୍ୟ କରାଯାଇ ପାରେ ।

4.4.2 ଭୂଲମ୍ବୀ ଲୁପ୍‌ରେ ଥିବା ବାୟୁଯାନ (air craft)

ଗଣତନ୍ତ୍ର ଦିବସ ଏବଂ ଅନ୍ୟ କିଛି ପ୍ରଦର୍ଶନରେ ଭାରତୀୟ ବାୟୁସେନାର (Air Foree) ପାଇଲଟ୍‌ଙ୍କର ଭୂଲମ୍ବୀ ଲୁପ୍‌ରେ ବାୟୁଯାନ ଉଡ଼ାଣ ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ (ଚିତ୍ର - 4.8a)



ଚିତ୍ର - 4.8(a) ଭୂଲମ୍ବ ଲୁପ୍‌ରେ ଥିବା ବାୟୁଯାନ, (b) ନିମ୍ନତମ ବିନ୍ଦୁରେ ପାଇଲଟଙ୍କର ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ (free body diagram)

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହି ପ୍ରକାର ସ୍ଥିତିରେ ଲୁପ୍‌ର ନିମ୍ନ ଅବସ୍ଥାନରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳର କେତେ ଅଧିକଗୁଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା ପାଇଲଟ୍ ତାଙ୍କ ସିଟ୍‌ରେ ଚାପି ହେଲାପରି ଅନୁଭବ କରନ୍ତି । ଏପରି କାହିଁକି ହୁଏ ବିଚାର କରିବା । ଚିତ୍ର - 4.8 (b) m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ପାଇଲଟ୍‌ଙ୍କର ପାଇଁ ଲୁପ୍‌ର ନିମ୍ନତମ ଅଂଶରେ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ଦର୍ଶାଏ ।

ମନେକର ପାଇଲଟ୍‌ଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଅଟେ ।

ତାଙ୍କ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ବଳଗୁଡ଼ିକ ହେଲେ ଓଜନ mg ଏବଂ ସିଟ୍ ଦ୍ୱାରା ଉପଲବ୍ଧ ଅଭିଲମ୍ବ ବଳ N । ତେଣୁ ତାଙ୍କ ଉପରେ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ପରିଣାମୀ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳ = N - mg । ଏହି ବଳ ହିଁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

ଏବେ $N - mg = ma$

$$\Rightarrow N - mg = m\frac{\upsilon^2}{r}$$

$$\Rightarrow N = m\left(g + \frac{\upsilon^2}{r}\right)$$

ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯଦି $u = 200ms^{-1}$ ଏବଂ $r = 1500m$ ହୁଏ, ତେବେ

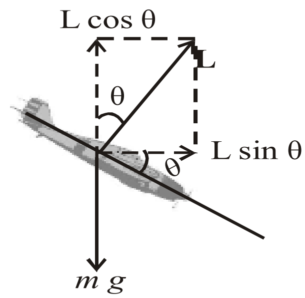
ଆମେ ପାଇବା ଯେ $N = mg\left[1 + \frac{(200m/s^{-1})^2}{9.8ms^{-2} \times 1500m}\right]$

$$= mg \times 3.72$$

ତେଣୁ ପାଇଲଟ୍ ଅନୁଭବ କରନ୍ତି ଯେପରି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ 3.72 ଗୁଣ ବଢ଼ିଯାଇଛି । ଯଦି ଏହି ବଳ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ସୀମା ଅତିକ୍ରମ କରେ ପାଇଲଟ୍ (ବିମାନ ଚାଳକ) କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ବେହୋସ ହୋଇ ପାରନ୍ତି ଓ ତାଙ୍କୁ ଚାରିଆଡ଼ ଅନ୍ଧାର ଦେଖା ଯାଇପାରେ (black out) । ଏହା ବିମାନଚାଳକଙ୍କ ପାଇଁ ତଥା ବାୟୁଯାନ ପାଇଁ ବିପଦ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇପାରେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 4.3



1. ଉଡ଼ନ୍ତା ବାୟୁଯାନଗୁଡ଼ିକ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେଗରେ ବୁଲିବା ବେଳେ ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟାଙ୍କ୍ କରନ୍ତି (ଚିତ୍ର 4.8) ଏହି ଉଡ଼ାଜାହାଜଗୁଡ଼ିକ କାହିଁକି ବ୍ୟାଙ୍କ୍ କରନ୍ତି, ବୁଝାଅ । ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ ଥିବା ବାୟୁଯାନ ପାଇଁ ବଳ-ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ଅଙ୍କନ କର । (F_a ହେଉଛି ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ବାୟୁଯାନ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ) ମନେକର ଏକ ଉଡ଼ାଜାହାଜ υ = $100ms^{-1}$ ବେଗରେ ଯାଉଥିବା ବେଳେ 30^0 ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରି ବ୍ୟାଙ୍କ୍ କରେ । ତେବେ ସେହି ମୋଡ଼ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କେତେ ? $g = 10ms^{-2}$ ବୋଲି ଧରି ନିଅ ।

....

2. 100m ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ ଥିବା ମୋଡ଼ ରାସ୍ତାରେ ଏକ କାର୍‌ର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବେଗ କଳନା କର । କାର୍‌ର ଟାୟାର୍ ଓ ରାସ୍ତା ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣଗୁଣାଙ୍କ 0.90 ଅଟେ । $g = 10\ ms^{-2}$ ଧରିନିଅ ।

....

3. ପ୍ରଦର୍ଶନୀରେ ଗୋଟିଏ କୌତୁକିଆ ଖେଳ ହେଉଛି ଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ବାଲ୍‌ଟିକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଚକ୍ରରେ ଘୂରାଇଲା ବେଳେ ବାଲ୍‌ଟିଟି ତଳମୁହାଁ ଥିବା ବେଳେ ବି ସେଥିରୁ ଜଳ ପଡ଼ିବ ନାହିଁ । ଏହି ଖେଳରେ ବାଲ୍‌ଟିର ବେଗ ବେଶ୍ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ ନଚେତ୍ ଖେଳଟି ଠିକ୍ ଭାବେ ଚାଲି ପାରିବ ନାହିଁ ଏବଂ ଏହି ବେଗ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସର୍ବନିମ୍ନ ବେଗ ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ବାଲ୍‌ଟିଟି ବୃତ୍ତର ଶୀର୍ଷରେ ଥିବାବେଳେ ଏହି ସର୍ବନିମ୍ନ ବେଗ ପାଇଁ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ R ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର । ଯଦି R = 1m ହୁଏ ତେବେ ଏହି ସର୍ବନିମ୍ନ ବେଗ କଳନା କର ।

....

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

1 ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତ ଗତିର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି, ଏପରି ଗତି ଯେଉଁଥିରେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣ ବିଶିଷ୍ଟ ହେବ ଏବଂ ପରିଗେର ଦିଗ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଏହାର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର ତ୍ୱରଣ ରହିବ ।

$a_x = 0$ $\qquad$ $a_y = -g$

$\upsilon_x = \upsilon_0 \cos q$ $\qquad$ $\upsilon_y = \upsilon_0 \sin q - gt$

$x = x_0 + (\upsilon_0 \cos q)t$ $\qquad$ $y = y_0 + \upsilon_0 \sin q - ½ gt^2$

1 ଉଚ୍ଚତା $h = \dfrac{\upsilon_0^2 \sin 2\theta}{g}$

l ଉଡ଼ାଣ ସମୟ $T = \frac{2\upsilon_O \sin\theta}{g}$

l ପ୍ରକ୍ଷିପ୍ତର ପରାସ $R = \frac{2\upsilon_O^2 \sin 2\theta}{g}$

l ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥ ପାଇଁ ସମୀକରଣ $y = (\tan q_0)\, x - \frac{gx^2}{2(\upsilon_0 \cos\theta_0)^2}$

l ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ କଣିକାର ବେଗ ସର୍ବଦା ସମାନ ରହିଲେ ଏହାକୁ ସମବୃତ୍ତୀୟ ଗତି କହନ୍ତି । r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ବୃତ୍ତରେ u ବେଗରେ ସମ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ଥିବା କଣିକାର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ରହେ ଯାହା ପାଇ ବ୍ୟଞ୍ଜକଟି ହେଉଛି

$$\mathbf{a}_r = -\frac{\upsilon^2}{r}\hat{r}$$

ଏଠାରେ **r** ହେଉଛି ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର ଠାରୁ କଣିକା ଆଡ଼କୁ ଥିବା ଦିଗରେ ଏକକ ଭେକ୍ଟର । କଣିକାର ବେଗ u କଣିକାଟିର କୌଣୀୟ ବେଗ w ସହିତ u = rw ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପର୍କିତ ।

. କଣିକାଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକଟି ହେଉଛି

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}_r = \frac{m\upsilon^2}{r}\mathbf{r}$$

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

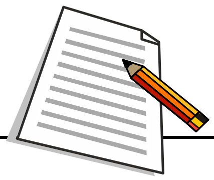
ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନ

1. ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ବୁଲିବା ବେଳେ ସାଇକେଲ୍ ଚଢ଼ାଳୀ କାହିଁକି ବୃତ୍ତାକାର ପଥର ଭିତର ଆଡ଼କୁ ଢଳେ ?

2. ରେଳ ଲାଇନ୍‌ର ବକ୍ର ଅଂଶରେ କାହିଁକି ବାହାର ପଟର ରେଳଧାରଣାକୁ ଭିତର ପଟର ରେଳଧାରଣା ଠାରୁ କିଛି ଉଚ୍ଚା କରାଯାଇଥାଏ, ବୁଝାଅ ।

3. ଯଦି ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ କଣିକାର ବେଗ ସମାନ ରହେ, ତେବେ ଏହାର ତ୍ୱରଣ ବି ସମାନ ହେବ କି ?

4. ଭୂସମାନ୍ତର ରାସ୍ତାରେ ଗତିଶୀଳ ଏକ ବସ୍‌ର ଝରକାରୁ ଟେକାଟିଏ ପକାଗଲା । ଉପରେ ଠିଆ ହୋଇଥିବା ଜଣେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବସ୍ ପାଖରୁ ରାସ୍ତାରେ ପଡ଼ିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଟେକାଟିର ପ୍ରକ୍ଷେପପଥ କ'ଣ ହେବ ?



ଟିପ୍ପଣୀ

5. ଏକ ସରୁ ଦଉଡ଼ି ନଛିଣ୍ଡି ସର୍ବାଧିକ 100N ବଳ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । 1m ଲମ୍ବ ବିଶିଷ୍ଟ ଏହି ଦଉଡ଼ିର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁ ବନ୍ଧାଗଲା ଏବଂ ତାହା ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ବୁଲାଗଲା । ସର୍ବାଧିକ କେତେ ବେଗରେ ବସ୍ତୁଟି ବୁଲାଗଲେ ଦୌଡ଼ିଟି ଛିଣ୍ଡିବ ନାହିଁ, କଳନା କର ।

6. ଜଣେ ମୋଟର ସାଇକେଲ ଚାଳକ $10ms^{-1}$ ବେଗରେ 50m ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ମୋଡ଼ଥିବା ଏକ ରାସ୍ତାରେ ଗତି କରନ୍ତି । ଏହି ସମୟରେ ତାଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ହିସାବ କର ।

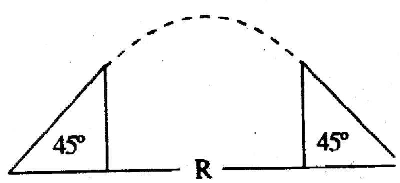
7. ଭୂ ସମାନ୍ତର ସମତଳ ସହ 30^0 କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଦିଗରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ $300ms^{-1}$ ସହିତ ଏକ ବୁଲେଟ୍ ଫାୟାର୍ କରାଗଲା । ବନ୍ଧୁକ ଠାରୁ କେତେ ଦୂରରେ ବୁଲେଟ୍‌ଟି ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ କରିବ, ହିସାବ କର ।

8. ଏକ ଘଣ୍ଟାର ସେକେଣ୍ଡ୍ କଣ୍ଟାର ଲମ୍ବ 10cm ଅଟେ । ଏହି କଣ୍ଟାର ଶୀର୍ଷ କେତେ ବେଗରେ ଗତିକରେ ହିସାବ କର ।

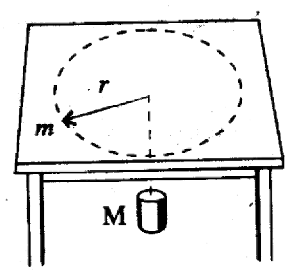
9. ହିନ୍ଦି ସିନେମାରେ ଦେଖିଥିବ ମୋଟର ସାଇକେଲ୍ କିମ୍ବା ଘୋଡ଼ା ଉପରେ ବସି ଅଭିନେତା କିପରି ବିରାଟ ଫାଙ୍କା ଜାଗା ଅତିକ୍ରମ କରନ୍ତି । ମନେକର ଏପରି ଜଣେ ଦୁଃସାହସିକ ବ୍ୟକ୍ତି ମୋଟର ସାଇକେଲ୍ ଉପରେ ବସି $100kmh^{-1}$ ପରିବେଗ ସହ ଏପରି ଏକ ଫାଙ୍କା ଜାଗା ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରନ୍ତି (ଚିତ୍ର – 4.9) । ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଉକ୍ତ ଫାଙ୍କା ଜାଗାର ଆନତି ଯଦି 45^0 ହୁଏ ସର୍ବାଧିକ କେତେ ଫାଙ୍କା ଜାଗା ସେ ଅତିକ୍ରମ କରିପାରିବ କଳନା କର ।

10. $500ms^{-1}$ ପରିବେଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳ ସହ 30^0 କୋଣ ସୃଷ୍ଟିକରି ଏକ ଗୁଳି ଫାୟାର୍ କରାଗଲା । ଏହି ପରିବେଗର ଅଭିଲମ୍ବୀ ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ, ଗୁଳି ଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ସର୍ବାଧିକ ଉଚ୍ଚତା ତଥା ପରାସ କଳନା କର ।

11. $200\ kmh^{-1}$ ବିଶିଷ୍ଟ ଭୂସମାନ୍ତର ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ଏକ ଉଡ଼ାଜାହାଜ 2000m ଉଚ୍ଚତାରେ ଥିବାବେଳେ ସେଥିରୁ ଏକ ଖାଦ୍ୟ ପୁଡ଼ିଆ ପକାଗଲା । ଏହି ପୁଡ଼ିଆଟି ଭୂମିରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ କେତେ ସମୟ ନେବ ଏବଂ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ପୁଡ଼ିଆଟି ପକାଯିବାସ୍ଥାନରୁ କେତେ ଦୂରରେ ଏହା ଭୂମିରେ ପଡ଼ିବ, କଳନା କର ।



ଚିତ୍ର 4.9



ଚିତ୍ର 4.10

12. ଚିତ୍ର 4.10 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଏକ ଘର୍ଷଣ ବିହୀନ ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁଟିଏ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ବୃତ୍ତରେ ଘୂରୁଛି । ଏହି ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଟେବୁଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଏକ ରନ୍ଧ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଇଥିବା ଏକ ସରୁ ଫିତାରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ M, ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ର ତଳକୁ ଝୁଲାଯାଇଛି । ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ର ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଯେପରି କି M ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ରହିପାରିବ ।

13. 200m ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମୋଡ଼ ରାସ୍ତାରେ କାର୍‌ଟିଏ 60kmh^{-1} ବେଗରେ ବୁଲୁଅଛି । କାର୍‌ରେ ବସିଥିବା 90kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଜଣେ ଯାତ୍ରୀଙ୍କ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ କେତେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର

4.1

1. (a), (b), (d) 2. (a) ହଁ (b) ହଁ (c) ସର୍ବାଧିକ ପରାସ ଥିବା ଫୁଟବଲ୍‌ଟି ।

3. ସର୍ବାଧିକ ପରାସ $\frac{\upsilon_O^2}{g} = \frac{(9.5m/s^{-1})^2}{9.78ms^{-2}} = 9.23$ m

ଏଣୁ ପାର୍ଥକ୍ୟ ହେଉଛି 9.23 – 8.90 = 0.33 m

4.2

1.(a) ହଁ, (b) ନା, (c) ହଁ, (d) ନା

ପରିବେଗ ଓ ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନୁହଁନ୍ତି କାରଣ ସେଗୁଡ଼ିକର ଦିଗ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ବଦଳୁଥାଏ ।

2. ଯେହେତୁ $a = \frac{\upsilon^2}{r}, r = \frac{\upsilon^2}{a} = \frac{(9.0ms^{-1})^2}{3ms^{-2}} = 27$ m

3. $a = \frac{c^2}{r} = \frac{(3 \times 10^3 ms^{-1})^2}{10 \times 10^3 m} = 9 \times 10^{13}$ ms^{-2}

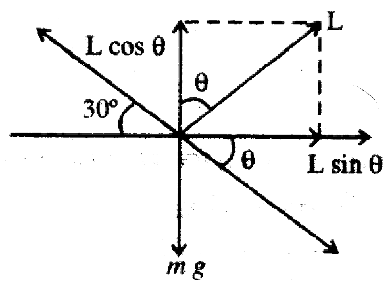
4.3

1. ରାସ୍ତାର ବ୍ୟାଙ୍କିଙ୍ଗ୍ ସହ ଏହା ସଦୃଶ ଅଟେ । ଯଦି ବାୟୁଯାନ ବ୍ୟାଙ୍କ୍ କରେ, ତେବେ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ L ର ଏକ ଉପାଂଶ ବୃତ୍ତର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦିଗରେ ରହେ ଯାହାକି କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଯୋଗାଇଥାଏ । ଚିତ୍ର 4.11 ରେ ଏହାର ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଆରେଖ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ବକ୍ରତା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହେଉଛି

$$R = \frac{\upsilon^2}{g \tan\theta_0} = \left(\frac{100ms^{-1}}{10ms^{-2} \times \tan 30^0}\right)^2$$

$$= \frac{1000m^2s^{-2}}{\sqrt{3}ms^{-2}} = \frac{1000 \times \sqrt{3}}{3} m$$

$= 333.3 \times \sqrt{3}$ m = 577.33 m



ଚିତ୍ର **4.11**

2. ଘର୍ଷଣ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ଯୋଗାଇଥାଏ ।

ଏଠାରେ $F_s = m_s N = \frac{m\upsilon^2}{r}$

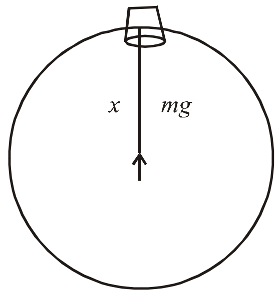
\ ରାସ୍ତାଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଅଟେ N = mg

ତେଣୁ $m_s mg = \frac{m\upsilon^2}{r}$

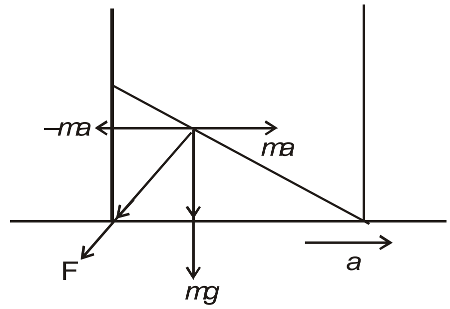
$\therefore u^2 = m_s rg = 0.9 \times 100m \times 10ms^{-2} = 900m^2s^{-2}$

$\therefore u = \sqrt{900}\, ms^{-1} = 30ms^{-1}$

3. ଚିତ୍ର 4.12 ଦେଖ । ବୃତ୍ତର ଶୀର୍ଷରେ ଥିବାବେଳେ ବାଲ୍ଟିରୁ ପାଣି ନ ପଡ଼ିବା ପାଇଁ ବାଲ୍‌ଟିର ବେଗ ଏପରି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯେପରିକି $mg = \frac{m\upsilon^2}{r} \Rightarrow u^2 = rg \Rightarrow u = \sqrt{gr}$



ଚିତ୍ର 4.12



ଚିତ୍ର 4.13

ଏହି L ପରିବେଗ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବେ ଥିବା ବୃତ୍ତର ଶୀର୍ଷତମ ବିନ୍ଦୁରେ ବାଲ୍‌ଟିର ସର୍ବନିମ୍ନ ପରିବେଗ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ପରିବେଗ ଠାରୁ କମ୍ ହେଲେ ବାଲ୍‌ଟି ଓ ପାଣି ଖସି ପଡ଼ିବ ଏବଂ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତି ହୋଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ପ୍ରଶ୍ନାନୁସାରେ

$R = 1.0\,m, g = 10ms^{-2} \quad \therefore u = \sqrt{1m \times 10ms^{-2}} = \sqrt{10m^2s^{-2}} = 3.2ms^{-1}$ ।

ପାଠାନ୍ତ ଅଭ୍ୟାସ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର :

5. $10ms^{-1}$ 6. $2ms^{-2}$ 7. $900\sqrt{3}$ m

8. $1.05 \times 10^{-3}ms^{-1}$ 9. 77.1m

10. $u_x = 250\sqrt{3}\ ms^{-1}$ $u_y = 250ms^{-1}$

ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଉଚ୍ଚତା = 500m, ଭୂସମାନ୍ତରୀୟ ପରାସ = 3125 m

11. t = 20s ପରାସ R = 999.9 m

12. $u = \sqrt{\frac{mgr}{m}} = \sqrt{gr}$

13. 125 N