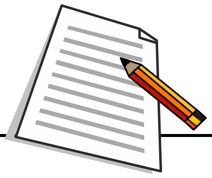


ଟିପ୍ପଣୀ

3

ଗତିର ନିୟମାବଳି

(Law of Motion)

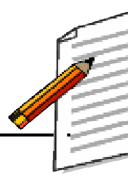
ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ଶିଖିଲ କିପରି ଏକ ବସ୍ତୁର ଗତିକୁ ଏହାର ବିସ୍ଥାପନ, ପରିବେଗ ଓ ତ୍ୱରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରଧାନ ପ୍ରଶ୍ନ ହେଉଛି : କ'ଣ ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ଗତିଶୀଳ କରାଏ କିମ୍ବା କେଉଁ କାରଣରୁ ଭୂମିରେ ଗଡ଼ି ଗଡ଼ି ଯାଉଥିବା ବଲ୍‌ଟିଏ ଶେଷରେ ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ ? ଦୈନନ୍ଦିନ ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ ଏକ କୋଠରୀରେ ଏକ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାକୁ ହେଲେ ଆମକୁ ବସ୍ତୁଟିକୁ ଠେଲିବା କିମ୍ବା ଟାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ସେହିପରି ଏକ ଫୁଟ୍‌ବଲ୍‌କୁ ଅନେକ ଦୂରକୁ ପଠାଇବାକୁ ହେଲେ ଏହାକୁ ଘାତ (kick) ଦେବାକୁ ପଡ଼େ । କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍‌ଟିକୁ ସୀମା ପାର କରାଇବାକୁ ହେଲେ ଏହାକୁ ଖୁବ୍ ଜୋର୍‌ରେ ମାରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏ ସମସ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟରେ ମାଂସପେଶୀୟ କ୍ରିୟା ହିଁ ନିହିତଥାଏ ଓ ଏହାର ପ୍ରଭାବ ଦୃଷ୍ଟି-ଗୋଚର ହୁଏ ।

ଏପରି ଅନେକ ପରିସ୍ଥିତି ରହିଛି ଯେଉଁଠି କ୍ରିୟାର ପଛରେ ଥିବା କାରଣ ଦୃଷ୍ଟିଗୋଚର ହୁଏ ନାହିଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ କେଉଁ କାରଣ ଯୋଗୁଁ ବର୍ଷା ବିନ୍ଦୁ ଗୁଡ଼ିକ ତଳକୁ ପଡ଼େ ? କେଉଁ କାରଣ ଯୋଗୁଁ ପୃଥିବୀ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ପରିକ୍ରମା କରେ ? ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ଗତିର ମୌଳିକ ନିୟମସବୁ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ ଏବଂ ଦେଖିବ ଯେ ବଳ ହିଁ ଗତିର କାରଣ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ମିଳୁଥିବା ବଳର ଅବଧାରଣା କିପରି ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ବିଭିନ୍ନ ଶାଖାରେ ଉପଯୋଗ ହେବ । ନିଉଟନ୍ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ବଳ ଓ ଗତି ପରସ୍ପର ସହିତ ନିବିଡ଼ ଭାବେ ସମ୍ପର୍କିତ । ଏହି ଗତି ନିୟମ ଗୁଡ଼ିକ ମୌଳିକ ଏବଂ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନର ଅନେକ ପରିଘଟଣା ବୁଝିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

- ଜଡ଼ତ୍ୱର ମହତ୍ୱ ବୁଝି ପାରିବ;
- ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତି ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପାରିବ ଏବଂ ଉଦାହରଣ ଦ୍ୱାରା ସେଗୁଡ଼ିକ ବୁଝାଇ ପାରିବ;
- ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ ଏବଂ ଉଦାହରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହା ଦର୍ଶାଇ ପାରିବ;
- ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରି ପାରିବ ଏବଂ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ, ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ଏବଂ ଲୋଟନିକ ଘର୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଦର୍ଶାଇ ପାରିବ;
- ଘର୍ଷଣ କମାଇବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟର ସୂଚନା ଦେଇ ପାରିବ ଏବଂ ଦୈନନ୍ଦିଜ ଜୀବନରେ ଘର୍ଷଣର ଭୂମିକା ଦର୍ଶାଇ ପାରିବ ଏବଂ
- ଦତ୍ତ ଯେ କୌଣସି ପରିସ୍ଥିତିର ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିପାରିବ ଏବଂ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ (Free Body Diagram)ର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ।



3.1 ବଳ ଓ ଜଡ଼ତ୍ୱର ଧାରଣା

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଯେଉଁ ଜାଗାରେ ରଖାଯାଏ, ସେହି ସ୍ଥାନରେ ହିଁ ସ୍ଥିର ରହନ୍ତି । ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରୁ ଅନ୍ୟ ସ୍ଥାନକୁ ଘୁଞ୍ଚି ପାରିବ ନାହିଁ । ସେହିପରି ସମ ପରିବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ଏକ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ବଦଳାଇବାକୁ ହେଲେ ଗତିର ଅବସ୍ଥା ବଦଳାଇବାକୁ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ । **ଯେଉଁ ଗୁଣ ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁଟି ନିଜର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ କିମ୍ବା ସରଳରେଖାରେ ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରିଥାଏ, ତାହାକୁ ସ୍ଥାଣୁତା ବା ଜଡ଼ତ୍ୱ କହନ୍ତି** । ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ସ୍ଥାଣୁତାର ମାପ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ ।

ଗୋଟିଏ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ସ୍ଥାଣୁତା ବସ୍ତୁର ଏକ ବିଚିତ୍ର ଗୁଣ । ଏହା ନ ଥିଲେ ତୁମ ସାନ ଭାଇର ବା ଭଉଣୀର ବହିଖାତା ସହିତ ମଶିଯାନ୍ତା ।ତୁମର ପୋଷାକ ତୁମ ବନ୍ଧୁର ଘରକୁ ଗତି କରି ଜୀବନ ଯାତ୍ରାରେ ବିକ୍ଷୁବ୍ଧ ପରିବେଶ ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତା । ତୁମେ ନିଶ୍ଚୟ ମନେ ପକାଇ ପାରିବ ଯେ, ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ଓ ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥା ପରମ (absolute) ନୁହେଁ । ତୁମକୁ ପୂର୍ବ ପାଠରେ ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଇଛି ଯେ ଜଣେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ପାଇଁ ବସ୍ତୁଟିଏ ସ୍ଥିର ଥିବା ପରି ବୋଧ ହେଉଥିବା ବେଳେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ପାଇଁ ତାହା ଗତିଶୀଳ ପରି ମନେ ହୁଏ । ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, **ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଏକ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ (net force) କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଲେ ହିଁ ଏକ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରିବ ।**

ବଳ ପଦ ସହିତ ତୁମେ ସୁପରିଚିତ ଅଟ । ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ବିଭିନ୍ନ ପରିସ୍ଥିତିରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ଏହାର ବ୍ୟବହାର କରିଥାଉ । ଟାଣିବା ବେଳେ, ଠେଲିବା ବେଳେ, ଘାତ କଲାବେଳେ, ମାରିବା ବେଳେ ଆମ୍ଭେମାନେ ଏପରି ପ୍ରୟୋଗ କରିଥାଉ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବଳ ଦୃଶ୍ୟ ନ ହେଉଥିଲେ ବି ଏହାର ପ୍ରଭାବ ଦେଖିହେବ କିମ୍ବା ଅନୁଭବ କରିହେବ । ବଳର ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ପ୍ରଭାବ ରହିଛି :

(a) ବଳ ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁର ଆକୃତି ଓ ଆକାରରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ବଳ ପ୍ରୟୋଗର ପରିମାଣ ଉପରେ ବେଲୁନ୍‌ଟିଏ ଆକାରରେ କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

(b) ବଳ ବସ୍ତୁର ଗତିକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରେ । ବଳ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆଣିପାରେ କିମ୍ବା ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁକୁ ଗତିଶୀଳ କରାଇପାରେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁର ବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କିମ୍ବା ଗତିଦିଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥାଏ ।

(c) ବଳ ମଧ୍ୟ କୌଣସି ଅକ୍ଷ ଚାରିପଟେ ବସ୍ତୁଟିକୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରି ପାରେ । ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ଏ ସମ୍ପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରିବ ।

3.1.1 ବଳ ଓ ଗତି

ବଳ ଏକ ସଦିଶ ରାଶି । ସେଥିପାଇଁ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ବଳ ଏକ ସମୟରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିଲେ ସେଗୁଡ଼ିକର ପରିଣାମୀ ବଳ ସଦିଶ ଯୋଗ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ହିସାବ କରିହେବ । ଏ ସମ୍ପର୍କରେ ତୁମେ ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟରେ ପଢ଼ିଛ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଗତି ଏହାର ବିସ୍ଥାପନ, ପରିବେଗ ଇତ୍ୟାଦି ରାଶିମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଅଭିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ । ଆମ୍ଭମାନଙ୍କୁ ଅନେକ ପରିସ୍ଥିତିର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ କି ଏକ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ କିମ୍ବା ହ୍ରାସ ହୁଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ତଳକୁ ପଡୁଥିବା ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟିର

ଟିପ୍ପଣୀ

ପରିବେଗ ତାହା ଭୂମି ସ୍ପର୍ଶ ନ କରିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ସେହିପରି ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଗଡ଼ି ଯାଉଥିବା ବଲ୍‌ଟିର ପରିବେଗ କ୍ରମାଗତ ଭାବେ ହ୍ରାସ ପାଇ ଶେଷରେ ଶୂନ୍ ହୁଏ ।

ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଶୂନ୍ ନ ହେଉଥିବା ଏକ ପରିଣାମୀ ବଳ ବସ୍ତୁଟିର ପ୍ରାବସ୍ଥା (State) ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । **ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ବଳର ଦିଗ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।** ଏକ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯଦି ଏକ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ (net) ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ତେବେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ବଳର ଦିଗ ଓ ଏହାର ପରିବେଗର ଦିଗ ସମାନ ଥିଲେ ପରିବେଗର ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଯଦି ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳର ଦିଗ ଗତିର ବିପରୀତ ହୁଏ ତେବେ ପରିବେଗର ପରିମାଣ ହ୍ରାସ ପାଇବ । ଯଦି କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ ଦିଗ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ପରିବେଗର ପରିମାଣ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ (ଅନୁଚ୍ଛେଦ 4.3 ଦେଖ) । ଏପରି ବଳ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥାଏ ।

ଏଥିରୁ ଆମେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପାଇବା ଯେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ ଏକ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ ବଦଳୁଥାଏ ।

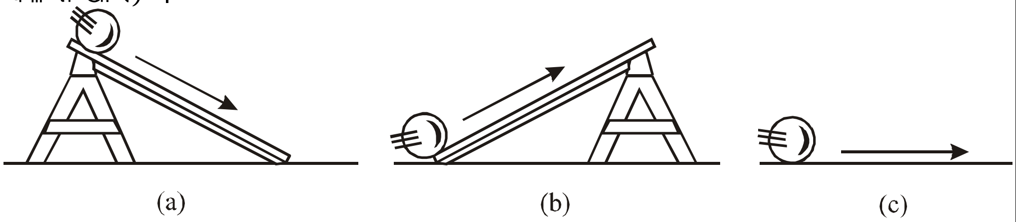
3.1.2 ଗତିର ପ୍ରଥମ ନିୟମ

ମସୃଣ ଚଟାଣ ଉପରେ ମାର୍ବଲର ବଲ୍‌ଟିଏ ଗଡ଼ାଇ ଦେଲେ, ଏହା କିଛି ସମୟ ପରେ ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ, ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ, ଏହାର ପରିବେଗ କ୍ରମଶଃ କମି କମି ଶେଷରେ ଶୂନ୍ ହୁଏ । ଅବଶ୍ୟ ଆମେ ଯଦି ସମ ପରିବେଗରେ ବଲ୍‌ଟିକୁ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ଗତି କରାଇବାକୁ ଚାହିଁବା, ତେବେ ଏହା ଉପରେ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ଏକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ ।

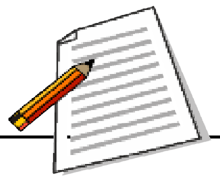
ଏକ ଟ୍ରଲିକୁ ସମ ପରିବେଗରେ ରାସ୍ତା ଉପରେ ନେବା ପାଇଁ ଏହାକୁ ସର୍ବଦା ଠେଲିବାକୁ କିମ୍ବା ଟାଣିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହି ଅନୁସାରେ ବଲ୍‌ଟି ଉପରେ କିମ୍ବା ଟ୍ରଲି ଉପରେ କିଛି ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଛି କି ?

ଗତି ଏବଂ ସ୍ଥାଣୁତା

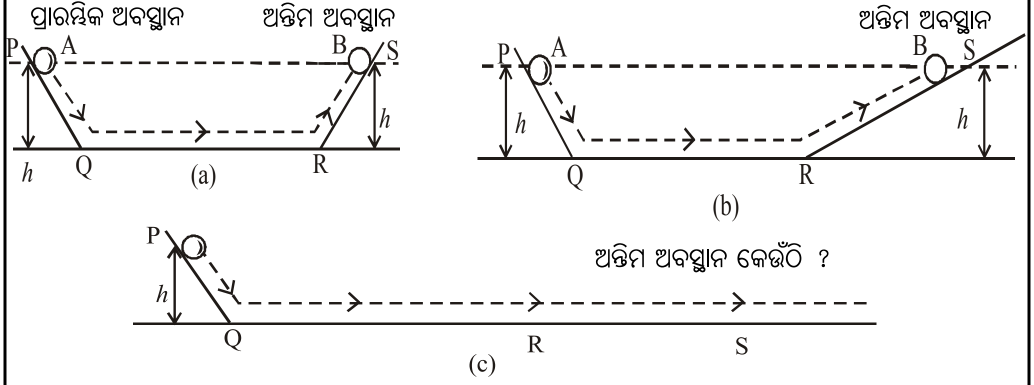
ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଗାଲିଲିଓ ପ୍ରମାଣ କରିବାକୁ ଚାହିଁଥିଲେ କି ଏକ ବାହ୍ୟବଳ ନ ଥିଲେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଏକ ବସ୍ତୁ ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ହିଁ ରହିଥାଏ କିମ୍ବା ଏକ ବସ୍ତୁ ସରଳରେଖାରେ ସମଗତିରେ ଗତିଶୀଳ ହେଉଥିଲେ ସେହି ଅବସ୍ଥାରେ ଗତି ଅବ୍ୟାହତ ରଖିଥାଏ । ସେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିଲେ ଯେ ଏକ ଆନତ ସମତଳରେ ବସ୍ତୁଟିଏ ତଳକୁ ଗଡ଼ିବା ବେଳେ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ (Fig. 3.1(a)) ଏବଂ ଏକ ଆନତ ସମତଳରେ ଉପରକୁ ଗତିଶୀଳ ହେବା ବେଳେ ମନ୍ଦିତ ହୁଏ (Fig 3.1b) । ଯଦି ସମତଳଟି ତଳ ଆଡ଼କୁ କିମ୍ବା ଉପର ଆଡ଼କୁ ଆନତ ନ ହୋଇ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ ଥା'ନ୍ତା ତେବେ ବସ୍ତୁଟିର ଗତି ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ କିମ୍ବା ମନ୍ଦିତ ହୁଅନ୍ତା ନାହିଁ, ଅର୍ଥାତ୍ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ବସ୍ତୁଟି ସମ ପରିବେଗରେ ଗତି କରନ୍ତା (ଯଦି କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ନ ଥାଏ) ।



ଚିତ୍ର 3.1 (a) (b) (c) ଆନତ ଏବଂ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ବସ୍ତୁର ଗତି



ଅନ୍ୟ ଏକ ଚିନ୍ତନ ପ୍ରସୂତ ପରୀକ୍ଷାରେ ସେ ଚିତ୍ର 3.2 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ପରସ୍ପରର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି ଆନତ ସମତଳ ନେଇଥିଲେ ।



ଚିତ୍ର 3.2 (a) (b) (c) ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଆନତ ଦୁଇ ସମତଳରେ ବଲ୍‌ର ଗତି

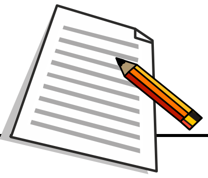
ସମସ୍ତ ତିନୋଟିଯାକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମତଳ PQ ର ଆନତି ସମାନ ଥିବା ବେଳେ RS ସମତଳର ଆନତି ଚିତ୍ର 3.2(a) ରେ ଚିତ୍ର (b) ଓ (c) ରେ ଥିବା ଆନତି ଠାରୁ ଅଧିକ । PQRS ସମତଳଟି ବହୁତ ଚିକ୍କଣ ଏବଂବସ୍ତୁଟି ଏକ ମାର୍ବଲ ବଲ୍ । ଏହି ବଲ୍‌ଟି PQ ସମତଳରେ ଗଡ଼ିବାକୁ ଦିଆଗଲେ ଏହା RS ପୃଷ୍ଠରେ ପ୍ରାୟ ସମାନ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠିଥାଏ । RS ସମତଳର ଆନତି କମିଗଲେ, ସେହି ସମାନ ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉଠିବା ପାଇଁ ବଲ୍‌ଟି ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ଦୂରତା ଗତି କରେ (ଚିତ୍ର 3.2(b)) ।RS ସମତଳଟି ଭୂସମାନ୍ତର ହେଲେ PQ ସମତଳରେ ଥିବା ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉଠିବା ପାଇଁ ବଲ୍‌ଟି ଗଡ଼ି ଚାଲିଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳ ଉପରେ ବଲ୍‌ଟି ଗଡ଼ି ଚାଲିଥାଏ ଯଦି ବଲ୍ ଓ ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଘର୍ଷଣ ନ ଥାଏ ।

ସାର୍ ଆଇଜାକ୍ ନିଉଟନ୍ (Sir Issac Newton) (1642-1727)

ଇଂଲଣ୍ଡର ଓଲସ୍‌ଥୋର୍ପ ନାମକ ସ୍ଥାନରେ ନିଉଟନ୍ 1642 ମସିହାରେ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ସେ କ୍ୟାମ୍ବ୍ରିଜ୍‌ର ଟ୍ରିନିଟି କଲେଜରେ ଶିକ୍ଷା ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ ଏବଂ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଜୀବନରେ ଜଣେ ଅଗାଧ ଜ୍ଞାନସମ୍ପନ୍ନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଭାବେ ପରିଚିତ ହେଲେ । ଗଛରୁ ଭୂମି ଆଡ଼କୁ ପଡୁଥିବା ଏକ ସେଓ ଫଳକୁ ଦେଖି ସେ ତାର କାରଣ ଅନୁସନ୍ଧାନରେ ବ୍ରତୀ ହୋଇଥିଲେ ଏବଂ ଏହା ତାଙ୍କୁ ମହାକର୍ଷଣର ମୌଳିକ ନିୟମ ନିରୂପଣ କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥିଲା । ସେ ଥିଲେ ଗତି ନିୟମ ଓ ମହାକର୍ଷଣ ନିୟମର ପ୍ରଣେତା । ନିଉଟନ୍ ଜଣେ ଅସାଧାରଣ ଧୀଶକ୍ତିର ଅଧିକାରୀ ଥିଲେ ଏବଂ ଗଣିତ ସମେତ ସମସ୍ତ ବିଜ୍ଞାନ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ତାଙ୍କର ଦାନ ଅତୁଳନୀୟ । ବିଜ୍ଞାନର ସମସ୍ତ ଜଗତକୁ ତାଙ୍କର ଅବଦାନ ଥିଲା । ପାରମ୍ପରିକ ଶୈଳୀର ତାଙ୍କ ଲିଖିତ ପୁସ୍ତକ "ପ୍ରିନ୍‌ସିପିଆ (Principia) ଲାଟିନ୍ ଭାଷାରେ ଲିଖିତ ଏବଂ ଆଲୋକ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ତାଙ୍କର ପୁସ୍ତକଟି ଇଂରାଜୀ ଭାଷାରେ ଲିଖିତ ।

ତୁମେ ଯୁକ୍ତିଛଳରେ ପଚାରିପାର : ଟ୍ରଲିକୁ ସମବେଗରେ ଗତିଶୀଳ କରିବାକୁ କାହିଁକି ଅବିରତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ ?

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ଗାଡ଼ି ଉପରେ ଘର୍ଷଣ ବଳକୁ ପ୍ରତିହତ କରିବାକୁ ଏକ ଅଗ୍ରମୁଖୀ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ । ଅର୍ଥାତ୍ ଟ୍ରଲିକୁ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ଠେଲି ବା ଟାଣି, ଘର୍ଷଣ ବଳକୁ ପ୍ରତିହତ କରିହେବ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ନିଉଟନ୍ ଗାଲିଲିଓଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତଗୁଡ଼ିକୁ ସାଧାରଣ ଭାବେ ଏକ ନିୟମ ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କଲେ ଯାହାକୁ "ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କର ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ" କହନ୍ତି । ଏହା ନିମ୍ନମତେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଏ -

"କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ଏହା ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହିଥାଏ କିମ୍ବା ସମଗତିରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ଗତିଶୀଳ ହେଉଥାଏ ।"

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଏକ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା କିମ୍ବା ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥା ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକର ଆପେକ୍ଷିକ ସ୍ଥିତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଏକ କାର୍ ମଧ୍ୟରେ ବସିଥିବା ଦୁଇଜଣ ବ୍ୟକ୍ତି ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ଥିର ଥିବା ପରି ମନେ ହୁଅନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ରାସ୍ତାରେ ଠିଆ ହୋଇ ରହିଥିବା ଅନ୍ୟ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ଦେଖନ୍ତି ଯେ କାର୍‌ଟି ଭିତରେ ବସିଥିବା ଉଭୟ ବ୍ୟକ୍ତି ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛନ୍ତି । ଏହି କାରଣ ଯୋଗୁଁ ପରିବେଗ, ତ୍ୱରଣ ଏବଂ ବଳ ଇତ୍ୟାଦିର ସ୍ଥିତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନର ମାପନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶତନ୍ତ୍ର (frame of reference) ତୁଳନାରେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଗତିଶୀଳ ଏକ ବସ୍ତୁ ଯେଉଁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର ତୁଳନାରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ନ ହେଉଥିଲେ ସମପରିବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ହେଉଥାଏ ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ରକୁ **ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର** (Inertial frame of reference) କହନ୍ତି । ଏହି ନାମକରଣ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ବା ସ୍ଥାଣୁତ୍ୱ ଗୁଣକୁ ଆଧାର କରି କରାଯାଇଛି । ବସ୍ତୁର ସ୍ଥାଣୁତ୍ୱ ହେଉଛି ସେହି ଗୁଣ ଯାହାପାଇଁ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ନିଜ ନିଜର ଅବସ୍ଥା ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ଚାହାନ୍ତି । ଏହି ଅବସ୍ଥାଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛନ୍ତି ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା କିମ୍ବା ସମ ପରିବେଗରେ ସରଳରେଖାରେ ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥା । ସମସ୍ତ ପ୍ରାୟୋଗିକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ପୃଥିବୀ ସହ ଯୁକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ରକୁ ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର କୁହାଯାଏ ।

ଏବେ କିଛି ବିରାମ ନେବା ଏବଂ ନିମ୍ନ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର କରିବା ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 3.1

1. ଏହା କହିବା ଠିକ୍ ହେବ କି ଯେ ଏକ ବସ୍ତୁ ସର୍ବଦା ଏହା ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟ ବଳ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ?

   ....

2. କେଉଁ ଭୌତିକ ରାଶି ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱର ମାପକ ଅଟେ ?

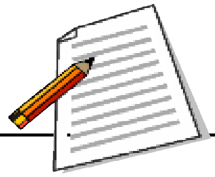
   ....

3. ଏକ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗର ପରିମାଣ ସମାନ ରଖି ଗୋଟିଏ ବଳ ଉକ୍ତ ପରିବେଗର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିପାରେ କି ?

   ....

4. ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଥିବା ବଳ ସେଥିରେ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

   ....



ଟିପ୍ପଣୀ

3.2 ସଂବେଗର ପରିକଳ୍ପନା

ତୁମେ ଦେଖିଥିବ ଯେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କମ୍ ହୋଇଥିଲେ ମଧ ଅତ୍ୟଧିକ ପରିବେଗରେ ଆସୁଥିବା ଏକ କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍‌କୁ ଅଟକାଇବା ଜଣେ ଫିଲଡର ବା କ୍ଷେତ୍ର ରକ୍ଷକ ପାଇଁ କଷ୍ଟକର ହୋଇଥାଏ । ସେହିପରି କମ୍ ପରିବେଗରେ ଯାଉଥିବା ଏକ ଟ୍ରକ୍‌କୁ ମଧ୍ୟ ଅଟକାଇବା କଷ୍ଟକର ହୁଏ କାରଣ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବେଶୀ । ଏହି ଉଦାହରଣ ଦ୍ୱୟରୁ ବୁଝିହୁଏ ଯେ ବସ୍ତୁର ଗତି ଉପରେ ବଳର ପ୍ରଭାବ ଅନୁଧ୍ୟାନରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏବଂ ପରିବେଗ ଉଭୟ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । ଏକ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗର ଗୁଣଫଳକୁ ବସ୍ତୁଟିର ରୈଖିକ ସଂବେଗ **p** କହନ୍ତି । ଗାଣିତିକ ଭାଷାରେ $\mathbf{p} = m\boldsymbol{v}$

S.I. ଏକକରେ ରୈଖିକ ସଂବେଗ kg ms^{-1} ରେ ମପାଯାଏ । ସଂବେଗ ଏକ ସଦିଶ ରାଶି ବା ଭେକ୍ଟର ଅଟେ । ସଂବେଗ ଭେକ୍ଟରର ଦିଗ ପରିବେଗ ଭେକ୍ଟରର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ ଅଟେ । ସଂବେଗର ପରିମାଣ କିମ୍ବା ଦିଗ କିମ୍ବା ଉଭୟ ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ବଦଳିଲେ କୌଣସି ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

ନିମ୍ନରେ ଦତ୍ତ ଉଦାହରଣ ଗୁଡ଼ିକରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହୁଏ

ଉଦାହରଣ 3.1

ଅମନର ଓଜନ 60 kg ଏବଂ ସେ ମନୋଜ ଆଡ଼କୁ 10 ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁ । ମନୋଜର ଓଜନ 40 kg ଓ ସେ 1.5ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଅମନ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରୁ । ସେମାନଙ୍କର ସଂବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ – ଅମନ ପାଇଁ ସଂବେଗ = ବସ୍ତୁତ୍ୱ × ପରିବେଗ = 60 kg x 1 ms^{-1}

$= 60 \text{kg ms}^{-1}$

ମନୋଜ ପାଇଁ ସଂବେଗ = 40 kg x (–1.5 ms^{-1})

$= -60 \text{kg ms}^{-1}$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ ଅମନ ଓ ମନୋଜ ଉଭୟଙ୍କର ସଂବେଗର ପରିମାଣ ସମାନ କିନ୍ତୁ ଦିଗ ବିପରୀତ ।

ଉଦାହରଣ 3.2

ଏକ 2kg ର ବସ୍ତୁ $t = 0$ s ବେଳେ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ପଡ଼ିବାକୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଗଲା । (a) t = 0 s ବେଳେ, (b) t = 1 s ବେଳେ, (a) t = 2 s ବେଳେ, ବସ୍ତୁଟିର ସଂବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ : (a) ଯେହେତୁ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ t = 0 ବେଳେ ଶୂନ୍ ଅଟେ, ତେଣୁ ସେତେବେଳେ ବସ୍ତୁଟିର ସଂବେଗ ମଧ୍ୟ ଶୂନ୍ ହେବ ।

(b) t = 1 s ବେଳେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ $v = u + at = 0 + 9.8 ms^{-2} \times 1s = 9.8 \ ms^{-1}$

ତେଣୁ t = 1 s ବେଳେ ଏହାର ସଂବେଗ

$p_1 = 2 \text{ kg} \times 9.8 ms^{-1} = 19.6 \text{ kg } ms^{-1}$ ଏବଂ ଏହା ନିମ୍ନମୁଖୀ ହେବ ।

(c) t = 2 s ବେଳେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ ହେବ, $v = u + at$

$= 0 + 9.8 ms^{-2} \times 3s = 19.6 \ ms^{-1}$ ଏବଂ ଏହା ନିମ୍ନମୁଖୀ ହେବ ।

ତେଣୁ p_2 = ସଂବେଗ = $2 \text{ kg} \times 19.6 ms^{-1} = 39.2 \text{ kgms}^{-1}$ ଓ ଏହାର ଦିଗ ମଧ ନିମ୍ନମୁଖୀ ହେବ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହିପରି ଆମେ ଦେଖିବା ଯେ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ପଡୁଥିବା ଏକ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିମାଣ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଦିଗ ସମାନ ରହେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିନ୍ତା କରି କୁହ ମୁକ୍ତ ଭାବେ ପଡୁଥିବା ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିମାଣ କେଉଁ କାରଣରୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ?

ଉଦାହରଣ 3.3

0.2 kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ରବର ବଲ୍ ଦୃଢ଼ ଭାବେ ରହିଥିବା ଏକ କାନ୍ଥରେ 10 ms^{-1} ବେଗରେ ବାଜିଲା ଏବଂ ଏହା ସେହି ଏକା ବେଗରେ ସମାନ ବାଟରେ ଫେରି ଆସିଲା । ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ :

ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗ କାନ୍ଥରେ ବାଜିବାର ପୂର୍ବରୁ ଓ ପରେ ସମ ପରିମାଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଟେ କିନ୍ତୁ ଦିଗ ବିପରୀତ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂବେଗର ପରିମାଣ = $0.2\text{kg} \times (10\text{ms}^{-1}) = 2 \text{ kg ms}^{-1}$

ଯଦି ପ୍ରଥମ ସଂବେଗ +x ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ରହିଥାଏ, ଆମେ ଲେଖିବା $p_i = 2 \text{ kg ms}^{-1}$

ସେହିପରି ଫେରି ଆସିବା ବେଳେ ସଂବେଗ $p_f = -2 \text{ kg ms}^{-1}$

ତେଣୁ ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ = $p_f - p_i = (-2 \text{ kg ms}^{-1}) - (2 \text{ kg ms}^{-1}) = -4 \text{ kg ms}^{-1}$

ଏଠାରେ ନେଗେଟିଭ୍ ଚିହ୍ନ ଦର୍ଶାଏ ଯେ –x ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗ 4 kg ms^{-1} ପରିମାଣରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର କାରଣ କ'ଣ ?

ବ୍ୟାବହାରିକ ସ୍ଥିତିରେ ରବର ବଲ୍‌ଟି କାନ୍ଥରେ ବାଜି ଫେରି ଆସିବା ବେଳେ ଏହାର ଗତି ହ୍ରାସ ପାଏ । ସେତେବେଳେ ସଂବେଗର ପରିମାଣ ବଦଳି ଯାଏ ।

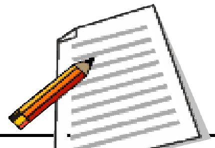
3.3 ଗତିର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ସମ ପରିବେଗରେ ଯାଉଥିବା ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ସ୍ଥିର ରହେ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମରୁ ଜଣାଯାଏ କି ଏପରି ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ 3.2 ରେ ଆମେ ଦେଖିଲେ ଯେ ମଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବରେ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ପଡୁଥିବା ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ସମୟ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଯେହେତୁ ଏପରି ବସ୍ତୁଟି ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରଭାବ ଯୋଗୁଁ ତଳ ଆଡ଼କୁ ପଡ଼େ ତେଣୁ ମନେ ହୁଏ ବସ୍ତୁଟିର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏବଂ ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ଓ ଏହା କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ରହିଛି । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଏହି ତିନୋଟି ଭୌତିକ ରାଶି ମଧ୍ୟରେ ରହିଥିବା ପରିମାଣାତ୍ମକ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରଦାନ କରେ ।

ଏହା ନିମ୍ନମତେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଏ –

ଏକ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ ସହ ସମାନୁପାତୀ । ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ (Net force) ଦିଗରେ ହିଁ ହୁଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହାର ଅର୍ଥ - ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ F ଯୋଗୁଁ Dt ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ D**p** ହେଉଥିଲେ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ଯେ ,

$$\mathbf{F} \propto \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t}$$

$$Þ\ \mathbf{F} = k\frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t}$$

ଏଠାରେ k ହେଉଛି ସମାନୁପାତୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗର ଗୁଣନଫଳ ଭାବେ ସଂବେଗକୁ ପ୍ରକାଶ କରି ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା $\mathbf{F} = k\mathrm{m}\left(\frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta \mathrm{t}}\right)$

$$\mathbf{F} = \mathrm{km}\mathbf{a}\left(\because \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta \mathrm{t}} = \mathbf{a}\right) \text{.........} (3.1)$$

ସ୍ଥିରାଙ୍କ k ର ମୂଲ୍ୟ m ଓ **a** ର ଏକକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ଏହି ଏକକ ଏପରି ପସନ୍ଦ କରାଯାଏ ଯେ m ର ପରିମାଣ =1 ଏବଂ a = 1 ଏକକ ହେଉଥିଲେ F ର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ଏକ ଏକକ ବଳ ହେବ । ସେତେବେଳେ ଲେଖି ପାରିବା ଯେ $1 = k\,.\,1.\,1$

ଅର୍ଥାତ୍ $k = 1$

ସମୀକରଣ (3.1) ରେ ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ପାଇବା **F** = m **a**

S.I. ଏକକରେ, m = 1 kg, a = 1 ms^{-2}

ସେତେବେଳେ ବାହ୍ୟ ବଳର ପରିମାଣ F = 1 kg x 1ms^{-2} = 1kgms^{-2}

= 1 ବଳ - ଏକକ

ବଳର ଏହି ଏକକ (ie. 1 kgms^{-2}) କୁ ଏକ ନିଉଟନ୍ (newton) କହନ୍ତି ।

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ ବଳର ମାପ ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ଏବଂ ଏକକ ପ୍ରଦାନ କରେ । ଏଠାରେ ବଳର S.I. ଏକକ "ନିଉଟନ୍"ର ସଂଜ୍ଞା ନିମ୍ନ ପ୍ରକାରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ।

"ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁରେ 1 ms^{-2} ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରୁଥିବା ବଳକୁ ଏକ ନିଉଟନ୍ ବଳ କୁହାଯାଏ ।"

ଉଦାହରଣ 3.4

0.4 kg ର ଏକ ବସ୍ତୁ ଭୂମି ଉପରେ 20 ms^{-1} ବେଗରେ ଗଡୁଥିବା ବେଳେ 10s ରେ ତାହା ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆସେ । ସମଗ୍ର ପ୍ରକ୍ରିୟାଟିରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବା ବଳର ପରିମାଣ ପ୍ରାୟ ସମାନ ବୋଲି ଧରି ବଳଟିକୁ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆଣୁଥିବା ବଳ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ଦତ୍ତ, m = 0.4kg , ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $\upsilon = 20\ \mathrm{ms}^{-1}$

ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ $\upsilon = 0\ \mathrm{ms}^{-1}$ ଏବଂ ସମୟ t = 10s

ଟିପ୍ପଣୀ

$$\therefore |\mathbf{F}| = m\,\mathbf{a} = \frac{m(v-u)}{t} = \frac{0.4\,kg(-20\,ms^{-1})}{10\,s}$$

$$= -0.8\ kgms^{-2} = -0.8\ N$$

ଏଠାରେ ନେଗେଟିଭ୍ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଏ ଯେ ବଲ୍‌ଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ବଳର ଦିଗ ବଲ୍‌ଟିର ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ରହିଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 3.5

50N ର ସମପରିମାଣର ବଳ ପ୍ରଥମେ 20 ms^{-2} ପରିବେଗରେ ଯାଉଥିବା ଏକ 10kgର ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲା । ଯଦି ବଳଟି ବସ୍ତୁଟିର ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥାଏ ତେବେ କେତେ ସମୟପରେ ଏହା ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆସିବ ?

ସମାଧାନ : ଦତ୍ତ ଯେ $m = 10$ kg, $F = -50$ N, $v_0 = 10\ ms^{-1}$, $v = 0$

ଆମକୁ t ହିସାବ କରିବାକୁ ହେବ । ଯେହେତୁ $F = ma$

ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା $F = m\left(\frac{v - v_0}{t}\right)$

$$-50N = 10\ kg\left(\frac{0 - 10ms^{-1}}{t}\right)$$

$$\Rightarrow t = \frac{100\,kgms^{-1}}{50\,kgms^{-2}}$$

$$\Rightarrow t = 2s$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ ଏଠାରେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଯେପରି ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇଛି ତାହା କେବଳ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସମୟ କ୍ରମେ ବଦଳିଥାଏ, ଯେପରିକି ରକେଟ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ସେଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ଏହି ନିୟମ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହେବ କି ?

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 3.2

1. ଭିନ୍ନ, ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ସମାନ ଅଟେ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କିଏ ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ?

   ....

2. ବାଳକଟିଏ ଏକ ବଲ୍‌କୁ v_o ପରିବେଗରେ ଉପରକୁ ପକାଇଲା । ଯଦି ବଲ୍‌ଟି ପକାଇଥିବା ବାଳକଟି ପାଖକୁ ସମ ପରିବେଗରେ ଫେରି ଆସିଲା, ତେବେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ କି ?

   (a) ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗରେ ....

   (b) ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗର ପରିମାଣରେ ....

3. କୌଣସି ଏକ ଉଚ୍ଚତାରୁ ବଲ୍‌ଟିଏ ତଳକୁ ପଡ଼ିବାରୁ ଏହାର ସଂବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ସଂବେଗର ଏହି ବୃଦ୍ଧି କେଉଁ କାରଣରୁ ହୁଏ ?

....

4. ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଧିକତର ହୁଏ ?

(a) ପ୍ରଥମେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥବା ଏକ 2kg ବସ୍ତୁ ଉପରେ 150N ବଳ 0.1s ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ-

....

(b) ପ୍ରଥମେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଏକ 2kg ବସ୍ତୁ ଉପରେ 150N ବଳ 0.2s ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ -

....

5. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଏହାର ସଂବେଗ ସ୍ଥିର କି ? ତୁମ ଉତ୍ତର ପାଇଁ କାରଣ ଲେଖ ।

....

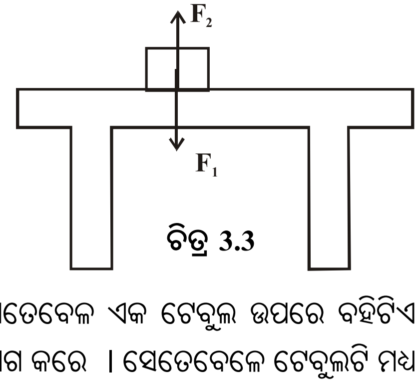
ଟିପ୍ପଣୀ

3.4 ବଳ ଯୁଗଳ

ପୃଥିବୀର ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ହିଁ ଯେକୌଣସି ବସ୍ତୁ ଏହାର କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ବସ୍ତୁ ସେହିପରି ପୃଥିବୀକୁ ମଧ୍ୟ ଆକର୍ଷଣ କରିଥାଏ କି ? ସେହିପରି ଏକ ଆଲମାରୀକୁ ଆମେ ଠେଲିବା ବେଳେ ତାହା ଆମକୁ ମଧ୍ୟ ଠେଲିଥାଏ କି ? ଯଦି ତାହା ହିଁ ହୁଏ, ତେବେ ସେହି ବଳ ଦିଗରେ ଆମେ କାହିଁକି ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ନାହିଁ ? ଏ ସମସ୍ତ ପରିସ୍ଥିତି ଅନୁଧ୍ୟାନ କଲେ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରଶ୍ନ ଆସେ ଠେଲା ବଳ କିମ୍ବା ଟଣା ବଳ ପରି କେବଳ ଗୋଟିକିଆ ବଳ ରହିପାରେ କି ? ଏ ସମସ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ପାରସ୍ପରିକ । ଏଠାରେ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଯାଏ "ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟାଶୀଳ ବଳ" । ଏଣୁ ଯେବେ ବି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ରହିଥାଏ, ସେମାନେ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ଅନ୍ୟଟି ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିଥାଏ । ଏଥି ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକୁ 'କ୍ରିୟା' କୁହାଗଲେ ଅନ୍ୟଟିକୁ 'ପ୍ରତିକ୍ରିୟା' କୁହାଯାଏ । ଏହାର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ଏହି ଯେ ବଳଗୁଡ଼ିକ ସର୍ବଦା ଯୁଗ୍ମ ଭାବରେ ରହିଥାନ୍ତି ।

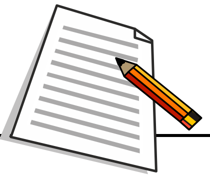
3.4.1 ଗତିର ତୃତୀୟ ନିୟମ

ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ରହିଥିବା ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟା (interaction) ର ଅନୁଧ୍ୟାନ ଭିତ୍ତିରେ **ନିଉଟନ୍ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ** ଉଲ୍ଲେଖ କରିଥିଲେ । ଏହି ନିୟମଟି ହେଉଛି - **"ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ରିୟାର ସମ ପରିମାଣ ବିଶିଷ୍ଟ ବିପରୀତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସର୍ବଦା ରହିଥାଏ ।"**



ଚିତ୍ର 3.3

ଏଠାରେ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି ବଳ । ଏଣୁ ଯେତେବେଳେ ଏକ ଟେବୁଲ ଉପରେ ବହିଟିଏ ରଖାଯାଏ, ଏହା ଟେବୁଲ ଉପରେ କିଛି ନିମ୍ନାଭିମୁଖୀ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ସେତେବେଳେ ଟେବୁଲଟି ମଧ୍ୟ ବହିଟି ଉପରେ ସମପରିମାଣର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିଥାଏ । ଏହା ଚିତ୍ର 3.3 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏଠାରେ F_1 ଓ F_2 ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରନ୍ତି କି ? ସେଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରନ୍ତି ନାହିଁ, କାରଣ F_1 ଓ F_2 ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୋଇଥା'ନ୍ତି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏକ ଦତ୍ତ ପରିସ୍ଥିତିରେ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଯୁଗ୍ମ ବଳ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ ହୁଅନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଅନ୍ୟଟି ବିନା ତିଷ୍ଠି ପାରେ ନାହିଁ ।

ଆକ୍ଷରିକ ଅର୍ଥରେ ଜଣାପଡ଼େ ଯେପରି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା, କ୍ରିୟା ପରେ ଘଟିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ନିଉଟନ୍ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମରେ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏକ ସଙ୍ଗରେ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଦୃଷ୍ଟିରୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମକୁ ଏପରି ଉଲ୍ଲେଖ କଲେ ଭଲ ହେବ - **ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟା ସଂପାଦନ କରନ୍ତି ଏକ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ଦ୍ୱିତୀୟ ବସ୍ତୁର ପ୍ରଥମ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବା ବଳର ପରିମାଣ ସମାନ କିନ୍ତୁ ଏକର ଦିଗ ଅନ୍ୟଟିର ବିପରୀତ** । ସଦିଶ ରାଶି ସଂଜ୍ଞାରେ ଯଦି $\mathbf{F}_{12}$ ବଳ ବସ୍ତୁ 2 ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁ 1 ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ହୁଏ ଏବଂ $\mathbf{F}_{21}$ ବଳ, ବସ୍ତୁ 1 ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁ 2 ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ହୁଏ, ତେବେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21} \quad \ldots\ldots\ldots (3.4)$$

3.4.2 ଆବେଗ (Impulse)

ଅଳ୍ପ ସମୟ ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉଥିବା ବଳର ପ୍ରଭାବକୁ ଆବେଗ କହନ୍ତି । ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ $\vec{F}$ ଟି Dt ସମୟ ପାଇଁ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିଲେ ସେମାନଙ୍କର ଗୁଣଫଳ $\mathbf{F}Dt$ ହେଉଛି ଆବେଗର ସଂଜ୍ଞା । ଅର୍ଥାତ୍

$$\text{ଆବେଗ} = \mathbf{F}\,.\,Dt$$

ଯଦି ବସ୍ତୁଟିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ ଓ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ $\boldsymbol{u}$ ଓ $\boldsymbol{v}$ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ ବସ୍ତୁଟିର ତ୍ୱରଣ

$$\vec{a} = \frac{\boldsymbol{v} - \boldsymbol{u}}{\Delta t}$$

$$\text{ଆବେଗ} = \ \text{m}\,\mathbf{a} = \frac{\text{m}(\boldsymbol{v} - \boldsymbol{u})}{\Delta t} = Dt$$

$$= \text{m}\,\boldsymbol{v} - \text{m}\,\boldsymbol{u}$$

$$= \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i$$

$$= \text{m}\,D\,\mathbf{p}$$

ଅର୍ଥାତ୍ ଆବେଗ ହେଉଛି ରୈଖିକ ସଂବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସମାନ । ଆବେଗ ଏକ ସଦିଶ ରାଶି ଏବଂ ଏହାର SI ଏକକ ହେଉଛି kgms^{-1} (କିମ୍ବା Ns) ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 3.3

1. ଯେତେବେଳେ ଜଣେ ଉଚ୍ଚ ଲମ୍ଫ କରୁଥିବା ଖେଳାଳି ଭୂମି ଛାଡ଼ି ଉପରକୁ ଉଠେ, ସେତେବେଳେ ଯେଉଁ ବଳଟି ଲମ୍ଫ ପ୍ରଦାନକାରୀଙ୍କୁ ଉପରକୁ ଉଠାଇଥାଏ, ତାହା କେଉଁଠୁ ଆସିଥାଏ ?

....

2. ନିମ୍ନସ୍ଥ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରିସ୍ଥିତିରେ କ୍ରିୟା - ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ଗୁଡ଼ିକୁ ଚିହ୍ନଟ କର ।

(a) ଜଣେ ଫୁଟବଲ୍ ଖେଳାଳି ଫୁଟବଲ୍‌ଟି କିକ୍ କରୁଛି...

(b) ପୃଥିବୀ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରୁଛି..

(c) ଫିଙ୍ଗା ଯାଇଥିବା ବଲ୍‌ଟିଏ କାନ୍ଥରେ ବାଜୁଛି...

3. "ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ଏକ ଆଲମାରୀକୁ ଆଗକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇବା ପାଇଁ ଏହା ଉପରେ ବୃହତ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତି କିନ୍ତୁ ସେ ପଛକୁ ଠେଲି ହୋଇ ଯାଆନ୍ତି ନାହିଁ । କାରଣ ଆଲମାରୀଟି ତାଙ୍କ ଉପରେ କମ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ।" ଏଠାରେ ଦତ୍ତ ଯୁକ୍ତିଟି ଠିକ୍ କି ? ବୁଝାଅ ।..

3.5 ସଂବେଗର ସଂରକ୍ଷଣ

ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ଯଦି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଥାଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ସଂବେଗଗୁଡ଼ିକର ସଦିଶ ଯୋଗଫଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ଏଠାରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟା ଜନିତ ବଳ ହିଁ ଏକମାତ୍ର ବଳ ଭାବେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇରୁ ଅଧିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ରହିଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଉକ୍ତ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ସାଧାରଣତଃ ଅନେକ ସଂଖ୍ୟକ ବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ଆନ୍ତଃ କ୍ରିୟା କରୁଥିଲେ, ସେମାନଙ୍କୁ ଏକତ୍ର ଏକ ତନ୍ତ୍ର (system) ବୋଲି ଧରାଯାଏ । ଯଦି ଏକ ତନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ, ତନ୍ତ୍ର ବାହାରେ ରହିଥିବା କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସହିତ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା କରୁ ନ ଥାନ୍ତି, ତେବେ ସେପରି ତନ୍ତ୍ରକୁ ଏକ ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ର (Isolated system) ବୋଲି କହନ୍ତି । **ଏକ ଆବୃତ୍ତ ତନ୍ତ୍ର ଏକ ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ସଦିଶ ସଂବେଗର ସଦିଶ ଯୋଗଫଳ (Vector sum of momenta) ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହୁଏ । ଏହାକୁ ସଂବେଗ ସରକ୍ଷଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।**

ଏଥିରୁ ଏହା ହିଁ ବୁଝାଯାଏ ଯେ ଏକ ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ରରେ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ମୋଟ ସଂବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ କିନ୍ତୁ ଏଥିରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ଏକକ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିମାଣରେ କିମ୍ବା ଦିଗରେ କିମ୍ବା ଉଭୟ ପରିମାଣ ଓ ଦିଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରେ । ତୁମେ ଯୁକ୍ତି ବଳରେ ପଚାରିପାର : ଏକ ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା ବସ୍ତୁ ବିଶେଷର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର କାରଣ କ'ଣ ହୋଇପାରେ ? ଏହା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରସ୍ପରିକ ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟା ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି ଯୋଗୁଁ ହିଁ ଘଟିଥାଏ । ସଂଘାତ (Collision), ବିସ୍ଫୋରଣ (Explosion), ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଅଭିକ୍ରିୟା (nuclear reactions) ଓ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କ୍ଷୟ ଭଳି ବିଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରୈଖିକ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଲାଗୁ ହୁଏ ।

3.5.1 ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମଗୁଡ଼ିକର ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation of momentum as a consequence of Newton's laws) ନିୟମ

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ (Eqn. 3.1) ଅନୁସାରେ ଯେତେବେଳେ Dt ସମୟ ପାଇଁ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ **F** ବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ D **p** ହେଉଛି

$$D\,\mathbf{p} = \mathbf{F}Dt$$

ଏଥିରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ ସେତେବେଳେ ଏହାର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଶୂନ୍ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ସଂବେଗ ସ୍ଥିର ବା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଏକ ତନ୍ତ୍ର ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୋଇପାରେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ମଧ୍ୟ ଉକ୍ତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ମିଳିପାରେ । ମନେକର ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ A ଓ B କୁ ନେଇ ଏକ ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇଛି ଏବଂ ଏଥିରେ A ଓ B ପରସ୍ପର ସହିତ Dt ସମୟ ପାଇଁ ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟା (interaction) କରୁଛନ୍ତି । ସେମାନେ ଏହି ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ରରେ $\mathbf{F}_{AB}$ ଓ $\mathbf{F}_{BA}$ ବଳ ପରସ୍ପର ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତି । ତେବେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$$

Or $$\frac{\Delta \mathbf{p}_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta \mathbf{p}_B}{\Delta t}$$

Or, $$\Delta \mathbf{p}_A + \Delta \mathbf{p}_B = 0$$

Or $$\mathbf{p}_{TOTAL} = \text{ସ୍ଥିର ରାଶି}$$

ଅର୍ଥାତ୍ ଏହି ତନ୍ତ୍ରଟିରେ ମୋଟ ସଂବେଗର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ ଏହି ତନ୍ତ୍ରର ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷିତ ରହେ ।

3.5.2 ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣର କିଛି ଉଦାହରଣ

(a) ଏକ ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତିକ୍ଷେପ (Recoil of a gun) :

ଯେତେବେଳେ ଗୁଳିଟିଏ ବନ୍ଧୁକରୁ ବାହାରିଯାଏ, ସେତେବେଳେ ବନ୍ଧୁକଟି ପ୍ରତିକ୍ଷେପ କରେ । ବନ୍ଧୁକର ଏହି ପ୍ରତିକ୍ଷେପ ବେଳେ ଏହାର ପରିବେଗ $\boldsymbol{v}_2$ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର M ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବା ବନ୍ଧୁକରୁ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୁଳି ଫୁଟାଯାଉଛି । ମନେକର, ଗୁଳିଟି $\boldsymbol{v}_1$ ପରିବେଗରେ ବାହାରି ଯାଉଛି । ତେବେ ବନ୍ଧୁକ ଓ ଗୁଳି ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ତନ୍ତ୍ରରେ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ ଯେତେବେଳେ ବନ୍ଧୁକଟି $\boldsymbol{v}_2$ ପରିବେଗରେ ପ୍ରତିକ୍ଷେପ ହୁଏ, ଯଦି

$$\mathrm{m}\,\boldsymbol{v}_1 + \mathrm{M}\,\boldsymbol{v}_2 = 0$$

କିମ୍ବା $$\mathrm{m}\,\boldsymbol{v}_1 = -\mathrm{M}\,\boldsymbol{v}_2$$

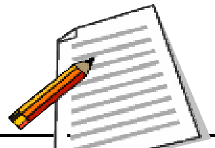
କିମ୍ବା $$\boldsymbol{v}_2 = -\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{M}_1}\,\boldsymbol{v}_1 \quad \text{............ (3.5)}$$

ଏଠାରେ ନେଗେଟିଭ୍ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଏ ଯେ $\boldsymbol{v}_2$ ର ଦିଗ $\boldsymbol{v}_1$ ଦିଗର ବିପରୀତ । ଯେହେତୁ $m << M$ ବନ୍ଧୁକଟିର ପ୍ରତିକ୍ଷେପ - ପରିବେଗ ବୁଲେଟ୍‌ର ପରିବେଗଠାରୁ ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ ।

(b) ସଂଘାତ (Collision)

ସଂଘାତ ସମୟରେ ପରସ୍ପର ସହିତ ବାଡ଼େଇ ହେଉଥବା ବା ଧକ୍କା ଖାଉଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ନେଇ ଏକ ପୃଥକ ତନ୍ତ୍ର କଳ୍ପନା କରିପାରିବା । ସଂଘର୍ଷରତ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ଉପରେ ଘର୍ଷଣ ଭଳି କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ତନ୍ତ୍ରଟିକୁ ପୃଥକ୍ ତନ୍ତ୍ର ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ । ଏଠାରେ ପରସ୍ପର ସହ ଧକ୍କା ଖାଉଥିବା ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ତନ୍ତ୍ରଟିରେ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ସମଗ୍ର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବ ନାହିଁ ।

ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ରହିଥିବା ସଂଘାତର ଅଧ୍ୟୟନ ନିମିତ୍ତ କ୍ୟାରମ୍‌ର ଗୋଟିଗୁଡ଼ିକ ସହ ଷ୍ଟ୍ରାଇକ୍‌ରର ସଂଘାତ କିମ୍ବା ବିଲିୟାର୍ଡ୍ ବଲ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ହେଉଥିବା ସଂଘାତର ଅନୁଧ୍ୟାନ କରାଯାଇପାରେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉଦାହରଣ 3.6 : ପ୍ରତ୍ୟେକ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ ପରସ୍ପର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ଟ୍ରଲି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ v ରେ ଗତି କରନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର ରହିଥିବା ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସେହି ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ତିନୋଟି ସଂଯୁକ୍ତ ଟ୍ରଲି ସହ ଧକ୍କା ହେବା ପରେ ସେ ଟ୍ରଲିଗୁଡ଼ିକ ଏକତ୍ର ସେହି ସମାନ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । ସଂଘାତ ପରେ ଏହି ଟ୍ରଲିଗ୍ରୁପ୍‌ର ପରିବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ : ମନେକର ସଂଘାତ ପରେ ଟ୍ରଲିଗୁଡ଼ିକର ପରିବେଗ = v

ଏଠାରେ ସଂଘାତ ପୂର୍ବର ମୋଟ ସଂବେଗ = $2mv$

ସଂଘାତ ପରର ମୋଟ ସଂବେଗ = $5mv'$

ଯେହେତୁ v ଓ v' ର ଦିଗ ସମାନ, ତେଣୁ $2mv = 5mv'$

$$\therefore v' = \frac{2}{5}v = 0.4v$$

(c) ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ :

ବୋମାଟିଏ ବିସ୍ଫୋରିତ ହେବା ପରେ ଏହା ଅନେକ ଗୁଡ଼ିଏ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ତଦ୍ୱାରା ପ୍ରଚୁର ଶକ୍ତି ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ମନେକର ପ୍ରଥମରୁ ସ୍ଥିର ଥିବା ଗୋଟିଏ ବୋମା A ଓ B ନାମକ ଦୁଇଖଣ୍ଡରେ ବିସ୍ଫୋରିତ ହେଲା । ଯେହେତୁ ସ୍ଥିରବସ୍ଥାରେ ବୋମାଟିର ସଂବେଗ ଶୂନ୍ ଥିଲା, ତେଣୁ ବିସ୍ଫୋରଣ ପରେ ସମସ୍ତ ଖଣ୍ଡର ମୋଟ ସଂବେଗ ଶୂନ୍ ହେବ । ଏହି କାରଣରୁ ଏଠାରେ ସୃଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଖଣ୍ଡ A ଓ B ପରସ୍ପର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଉଡ଼ିଯିବେ । ଯଦି ଉଭୟ ଖଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସମାନ ହୁଏ, ତେବେ ପ୍ରତ୍ୟେକର ପରିବେଗର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ସମାନ ହେବ ।

(d) ରକେଟ୍‌ର ନୋଦନ (Rocket Propulsion)

ରକେଟ - ଉଡ଼ାଣ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣର ଏକ ପ୍ରଧାନ ବ୍ୟାବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗ । ରକେଟ୍‌ରେ ତେଲଟାଙ୍କି ସହିତ ଏକ କୋଷ (Shell) ଥାଏ ଏବଂ ଏ ଦୁଇଟିକୁ ଏକତ୍ର ଏକ ତନ୍ତ୍ର (System) ଭାବରେ ନିଆଯାଇପାରେ । କୋଷଟିରେ ଏକ ନଜଲ୍ (nozzle) ରହିଥାଏ ଯାହାଦ୍ୱାରା ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ଗ୍ୟାସକୁ ନିର୍ଗତ ହେବାକୁ ଦିଆଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ରକେଟ୍‌ଟି ଫାୟାର କରାଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଇନ୍ଧନର ଦହନ ଯୋଗୁଁ ଉଚ୍ଚ ଚାପ ଓ ତାପମାତ୍ରାରେ ଗ୍ୟାସ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଉଚ୍ଚ ଚାପ ଯୋଗୁଁ ଏହି ଗ୍ୟାସ ପ୍ରବଳ ପରିବେଗରେ ନଜଲ୍‌ରୁ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏପରି ଏକ ତନ୍ତ୍ରରେ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ରକେଟ୍ ଉପରେ ଉଚ୍ଚ ବଳ (Thrust) କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୋଇ ରକେଟ୍‌ଟି ଉପରକୁ ଉଠେ ।

ମନେକର ରକେଟ୍‌ଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = M,

ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଏଥିରୁ ନିର୍ଗତ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଏବଂ ଏହି ନିର୍ଗତ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରିବେଗ v

ତେବେ t ସେକେଣ୍ଡର ରକେଟ୍‌ରୁ ନିର୍ଗତ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ = mvt

(କାରଣ ତନ୍ତ୍ରଟିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସଂବେଗ =୦)

ଯଦି t ସେକେଣ୍ଡରେ ରକେଟର ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି V ହୁଏ ତେବେ ଏହାର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ MV

ଏଣୁ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଅନୁସାରେ $mvt + MV = 0$

$$\frac{V}{t} = \mathbf{a} = -\frac{mv}{M}$$

ଅର୍ଥାତ୍ ରକେଟ୍‌ଟି ତ୍ୱରଣ $\mathbf{a} = -\frac{mv}{M}$ ରେ ଉପରକୁ ଉଡ଼ିଯାଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

3.6 ଘର୍ଷଣ (Friction)

ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିବ ଯେତେବେଳେ ଜଣେ ବ୍ୟାଟସ୍‌ମ୍ୟାନ୍ କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍‌ଟି ପିଟନ୍ତି, ବଲ୍‌ଟି ଭୂମିରେ କିଛି ବାଟ ଗଡ଼ିଯାଇ କ୍ରମଶଃ ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ । ତେଣୁ ଏହାକୁ ପ୍ରଥମେ ପିଟିଲା ବେଳେ ଏହାକୁ ଦିଆଯାଇଥିବା ସଂବେଗ ମଧ୍ୟ ଶୂନ୍ ହୋଇଯାଏ । ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ, ସଂବେଗର ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ମୂଳରେ ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ବଲ୍ ଉପର କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା କିଛି ବଳ ରହିଛି । ଯେତେବେଳେ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ତୁଳନାରେ ଗତି କରନ୍ତି ବା ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ପ୍ରବଣତା ଦେଖାଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଏପରି ଏକ ବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ । ଏହି ବଳକୁ **ଘର୍ଷଣ ବଳ** କୁହାଯାଏ । ଏକ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହାକୁ ଚଟାଣ ଉପରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ ଟାଣିବାକୁ କିମ୍ବା ଠେଲିବାକୁ ପଡ଼ିଲେ, ଏହି ଘର୍ଷଣ ବଳକୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଘର୍ଷଣ ବଳ ହେଉଛି ଏକ ସଂସ୍ପର୍ଶ ବଳ (Contact force) ଏବଂ ଏହା ସର୍ବଦା ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବେ ବସ୍ତୁର ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ ।

ସାଧାରଣ ଭାବେ ଜଣାଯାଏ ଯେ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ପୃଷ୍ଠ ଗୁଡ଼ିକର ବନ୍ଧୁରତା (roughness) ଯୋଗୁଁ ହିଁ ଘର୍ଷଣ ସୃଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । ଏଣୁ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁସାରେ ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକୁ ବନ୍ଧୁର କିମ୍ବା ମସୃଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟମୂଳକ ଭାବେ ଚେଷ୍ଟା କରାଯାଇଥାଏ ।

ଘର୍ଷଣ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଗତିକୁ ବିରୋଧ କରେ, ଏଗୁଡ଼ିକରେ ବ୍ୟବହାର ଜନିତ କ୍ଷତି ସୃଷ୍ଟିକରେ ଏବଂ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର କ୍ଷତି ପାଇଁ କାରଣ ହୋଇଥାଏ । ଅନ୍ୟପକ୍ଷରେ ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ହିଁ ଆମ୍ଭେମାନେ ଚାଲିପାରୁ, ଗାଡ଼ି ଚଳାଇପାରୁ ଏବଂ ଗତିଶୀଳ ଗାଡ଼ିକୁ ଅଟକାଇ ପାରୁ । ଏ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଘର୍ଷଣ ଆମ ସାଧାରଣ ଜୀବନରେ ଦ୍ୱୈତ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ଏଣୁ କୁହାଯାଏ ଯେ ଘର୍ଷଣ ଏକ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ହାନିକାରକ ବଳ ।

3.6.1 ସ୍ଥିତିଜ ଏବଂ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ (Static and Kinetic Friction)

ଏକ ପୃଷ୍ଠଉପରେ ବସ୍ତୁଟିଏ ଗତିଶୀଳ କରାଇବା ପାଇଁ କିଛି ସର୍ବନିମ୍ନ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ବୋଲି ଆମେ ଜାଣିଛେ । ଏହା ଦର୍ଶାଇବା ନିମିତ୍ତ ଚିତ୍ର 3.4 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପରି ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ସ୍ଥିର ରହିଥିବା ଏକ ବ୍ଲକ୍ (block) କଥା ବିଚାର କରିବା । ଏହି ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ ବାହ୍ୟବଳ F_{ext} ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉ । ପ୍ରଥମେ ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଘୁଞ୍ଚିବ ନାହିଁ । ଏହା ସମ୍ଭବ ହେବ ଯଦି ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବଳ ପ୍ରାୟୋଗିକ ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବ । ଏହି ବଳକୁ ହିଁ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ବଳ କହନ୍ତି ଓ ଏହା ପ୍ରତୀକ f_s ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ F_{ext} ର ପରିମାଣ କ୍ରମଶଃ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ, f_s ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ F_{ext} କୁ ଆହୁରି ବୃଦ୍ଧି କଲେ ଏହା କ୍ରାନ୍ତିକ ମୂଲ୍ୟ (Critical Value) ନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ f_s ର ମୂଲ୍ୟ ବାହ୍ୟ ବଳ F_{ext} ସହିତ ସମାନ ରହେ । ଯେତେବେଳେ $F_{ext} > f_s^{(max)}$, ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଗତିଶୀଳ ହେବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଏବଂ ଏହାପରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

ସାଧାରଣ ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁଟିକୁ ଗତିଶୀଳ କରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ବଳ, ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁଟିକୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିବେଗରେ ଗତିକରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ବଳ ଠାରୁ ଅଧିକ । ତେଣୁ କୁହାଯାଏ ଯେ **ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ବଳ f_s^{max} ଉକ୍ତ ଦୁଇ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ବଳ f_k ଠାରୁ ବୃହତ୍ତର ।** ବାହ୍ୟବଳ ସହିତ ଘର୍ଷଣ ବଳର ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳତା ଚିତ୍ର 3.5 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ଏବେ ତୁମେ ଜାଣିବାକୁ ଚାହୁଁଥିବ ଯେ ପରସ୍ପର ସହ ଲାଗି କରି ରହିଥିବା ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ କେଉଁ, କେଉଁ କାରକ (factors) ଉପରେ $f_s^{(max)}$ ଏବଂ f_k ନିର୍ଭର କରେ । ପରୀକ୍ଷା ଲବ୍ଧ ତଥ୍ୟରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ $f_s^{(max)}$, ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ F_N ସହ ସମାନୁପାତୀ, ଅର୍ଥାତ୍

$$f_s^{(max)} \propto F_N$$

କିମ୍ବା $$f_s^{(max)} = \mu_s F_N \qquad (3.6)$$

ଏଠାରେ μ_s କୁ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ କହନ୍ତି ।

ବ୍ଲକ୍ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ବଳ F_N, mg ସହ ସମାନ । ଏଠାରେ m ହେଉଛି ବ୍ଲକ୍‌ଟିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ।

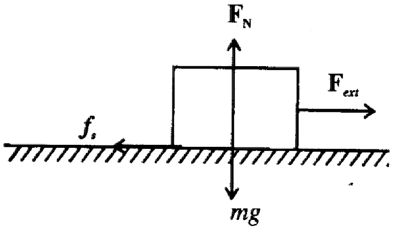
$f_s \le f_s^{max}$ ପାଇଁ ଯେହେତୁ $f_s = F_{ext}$ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ଯେ $f_s \le \mu_s F_N$ ।

ପରୀକ୍ଷା ଲବ୍ଧ ତଥ୍ୟରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ **ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ବଳ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ସେମାନଙ୍କର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି ନାହିଁ ।**

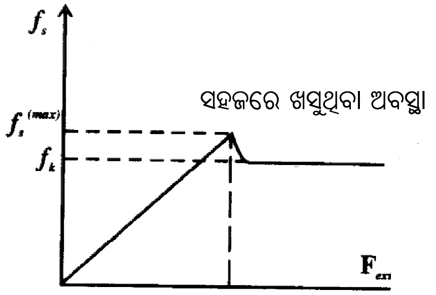
ସେହିପରି ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$f_k = \mu_k F_N$$

ଏଠାରେ μ_k ହେଉଛି **ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ ।**



ଚିତ୍ର 3.4 ବ୍ଲକ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ସବୁ



ଚିତ୍ର 3.5 ବାହ୍ୟବଳ ସହ ଘର୍ଷଣ ବଳର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ସାଧାରଣତଃ $\mu_s > \mu_k$ । ଅଧିକନ୍ତୁ μ_s ଓ μ_k ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ଯେ ସବୁ ଅବସ୍ଥାରେ ସମାନ ତାହା ସତ୍ୟ ନୁହେଁ କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକର ମୂଲ୍ୟ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱୟର (ଅର୍ଥାତ୍ କାଠ ଉପରେ କାଠ କିମ୍ବା କଂକ୍ରିଟ୍ ଉପରେ ରବର ଇତ୍ୟାଦି) ସମତଳତ୍ୱ ଉପରେ ମଧ ନିର୍ଭର କରେ । μ_s ଓ μ_k ର ମୂଲ୍ୟ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ରହିଥିବା ବସ୍ତୁଦ୍ୱୟର ପୃଷ୍ଠଦେଶର ରଫ୍‌ନେସ୍ (roughness) ବା ଆବଡ଼ା ଖାବଡ଼ା ଅବସ୍ଥା, ସେମାନଙ୍କର ପରିଚ୍ଛନ୍ନତା, ତାପମାତ୍ରା ଓ ଆର୍ଦ୍ରତା ଇତ୍ୟାଦି କାରକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 3.7

2kg ବ୍ଲକ୍ (block) ଟିଏ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହିଛି । ଉକ୍ତ ଦୁଇ ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ 0.25 ଅଟେ । ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଉକ୍ତ ଦୁଇ ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଟିପ୍ପଣୀ

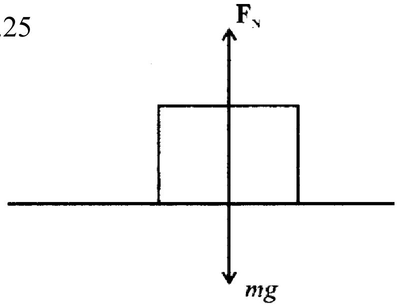
ସମାଧାନ - ଏଠାରେ $m = 2\ kg$. $m_s = 0.25$

$f_s^{max} = m_s F_N$

$= m_s mg$

$= (0.25)\ (2kg)\ (9.8ms^{-2})$

$= 4.9\ N$



ଚିତ୍ର 3.6 ବ୍ଲକ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଲମ୍ବ ବଳ

ଉଦାହରଣ 3.8

5 kg ର ବ୍ଲକ୍‌ଟିଏ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହିଛି । ଏହି ଦୁଇ ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ $m_k = 0.1$ ଅଟେ । ଯଦି ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ 10N ବଳ ଦ୍ୱାରା ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ ଟଣାଯାଏ । ତେବେ ଏହାର ତ୍ୱରଣ କେତେ ହେବ ?

ସମାଧାନ : ଯେହେତୁ $f_k = m_k F_N$ ଏବଂ $F_N = mg$,

ଲେଖା ଯାଇ ପାରିବ ଯେ $f_k = m_k mg$

$= (0.1)\ (5kg)\ (9.8ms^{-2})$

$= 4.9kg\ ms^{-2} = 4.9N$

\ ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ

$= F_{ext} - f_k$

$= 10N - 4.9N = 5.1N$

\ ଏହାର ତ୍ୱରଣ $= a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{5.1N}{5kg} = 1.02ms^{-2}$

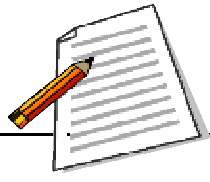
ତେଣୁ ବାହ୍ୟ ବଳ ଦିଗରେ ବ୍ଲକ୍‌ଟିର ତ୍ୱରଣ $1.02\ ms^{-2}$ ହେବ ।

3.6.2 ଲୋଟନିକ ଘର୍ଷଣ (Rolling Friction)

ଏହା ଏକ ସାଧାରଣ ଅନୁଭୂତି ଯେ ଚକ ଲାଗିଥିବା ଗାଡ଼ି ଭଳି ଜିନିଷକୁ ଠେଲିବା କିମ୍ବା ଟାଣିବା ସହଜ ହୁଏ । ଚକ ଗୁଡ଼ିକର ଗତି ସାଧାରଣ ଭାବରେ ବିସର୍ପଣୀ ଗତି ଠାରୁ ଭିନ୍ନ । ଏହା ହେଉଛି ଲୋଟନିକ୍ ଘର୍ଷଣ ବା ରୋଲିଙ୍ଗ୍ (rolling) ଘର୍ଷଣ । ଲୋଟନିକ୍ ଗତି କ୍ଷେତ୍ରରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ଘର୍ଷଣକୁ ଲୋଟନିକ ଘର୍ଷଣ କହନ୍ତି । ପୃଷ୍ଠପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସମାନ ବଳ ପାଇଁ ଲୋଟନିକ୍ ଘର୍ଷଣ ବିସର୍ପଣୀ ଘର୍ଷଣ (Sliding friction) ଠାରୁ ବହୁଗୁଣରେ କମ୍ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଯେତେବେଳେ ଇସ୍ପାତ୍‌ର ଚକସବୁ ଇସ୍ପାତ୍‌ର ରେଳଧାରଣା ଉପରେ ଗଡ଼ିଗଡ଼ି ଯାଆନ୍ତି ସେତେବେଳେ ସ୍ପଷ୍ଟ ଲୋଟନିକ୍ ଘର୍ଷଣ ଇସ୍ପାତ୍ ଓ ଇସ୍ପାତ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବିସର୍ପଣୀ ଘର୍ଷଣର ପ୍ରାୟ 1/100 ଅଂଶ ହୁଏ । ଲୁହା ଉପରେ ଲୁହା ଗଡ଼ିବା ପାଇଁ ଲୋଟନିକ୍ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କର ଆଦର୍ଶ ମୂଲ୍ୟ m_r ପ୍ରାୟ 0.006 ଏବଂ କଂକ୍ରିଟ୍ ଉପରେ ରବର ପାଇଁ ଏହା 0.02-0.04 ଅଟେ ।

ଏବେ ତୁମେ ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ଏକ କାର୍ଯ୍ୟଟି (activity) କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର ।

ତୁମପାଇଁ କାମ 3.1

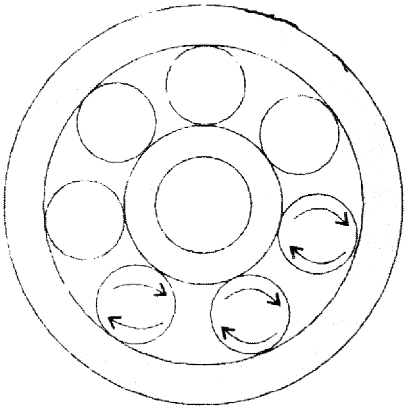


ଟିପ୍ପଣୀ

ଏକ ଓଜନିଆ ବହି କିମ୍ବା ଏକାଠି ଗଦାଏ ବହି ଏକ ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ରଖ ଏବଂ ତୁମ ଆଙ୍ଗୁଠିଗୁଡ଼ିକ ସାହାଯ୍ୟରେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଠେଲିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର । ଏହା ପରେ ବହିଗୁଡ଼ିକ ତଳେ ତିନିଟି ପେନ୍‌ସିଲ୍ ରଖ ଏବଂ ବହିଗୁଡ଼ିକୁ ଠେଲ । କେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତୁମକୁ କମ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଲା ? ତୁମ ଅନୁଭବରୁ ତୁମେ କି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେଲ, ଲେଖ ।

3.6.3 ଘର୍ଷଣ କମ୍ କରିବାର ଉପାୟ (Methods of reducing friction)

(a) ଚକର ଉଦ୍ଭାବନ ମନୁଷ୍ୟ ଜାତିର ଏକ ମହାନ୍ ଉଦ୍ଭାବନ ରୂପେ ପରିଗଣିତ ହୁଏ କାରଣ ଗଡ଼େଇ, ଗଡ଼େଇ ନେବା ଘୋଷାରି, ଘୋଷାରି ନେବା ଠାରୁ ବହୁତ ସହଜ । ଏହି କାରଣରୁ ମେସିନ୍ ବା ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଇତ୍ୟାଦିରେ ଘର୍ଷଣ କମାଇବା ନିମିତ୍ତ ବଲ୍-ବିୟରିଂ (Ball-bearing) ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ବଲ୍-ବିୟରିଂ ତନ୍ତ୍ର (system) ରେ ଦୁଇଟି ସମ-ଅକ୍ଷ ବିଶିଷ୍ଟ ସିଲିଣ୍ଡର୍ ମଧ୍ୟରେ ଷ୍ଟିଲ୍ ବଲ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଚିତ୍ର 3.6 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ମତେ ଖଞ୍ଜା ଯାଇଥାଏ । ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇଟି ସିଲିଣ୍ଡର୍ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକୁ ଅନ୍ୟଟି ତୁଳନାରେ ଘୂରିବାକୁ ଦିଆଯାଏ । ଏଠାରେ ବଲ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ପ୍ରାୟ ଘର୍ଷଣ ବିହୀନ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ଯାନରେ ତଥା ବୈଦ୍ୟୁତିକ-ମୋଟର ଓ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଙ୍ଖା ଇତ୍ୟାଦିରେ ବଲ୍-ବିୟରିଂର ପ୍ରୟୋଗ ହୁଏ ।



ଚିତ୍ର 3.6 ବଲ୍-ବିୟରିଂରେ ଖଞ୍ଜା ଯାଇଥିବା ବଲ୍

(b) ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରିଜ୍ (grease) କିମ୍ବା ତୈଳ ଇତ୍ୟାଦି ଲୁବ୍ରିକାଣ୍ଟ୍ (lubricants) ର ବ୍ୟବହାର ମଧ୍ୟ ବହୁପରିମାଣରେ ଘର୍ଷଣ କମ୍ କରିଦିଏ । ଏଥିପାଇଁ ଓଜନିଆ ମେସିନ୍‌ର ଗତିଶୀଳ ଅଂଶ ଗୁଡ଼ିକରେ ସର୍ବଦା ତେଲ ବହୁଥିବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ । ତଦ୍ଦ୍ୱାରା ଗତିଶୀଳ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ବହୁ ମାତ୍ରାରେ କମିଯାଏ ଏବଂ ଏଥିସହିତ ଉକ୍ତ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକ ଅତ୍ୟଧିକ ଗରମ ହୁଏ ନାହିଁ । ବାସ୍ତବତଃ ଲୁବ୍ରିକାଣ୍ଟର ଉପସ୍ଥିତି ଯୋଗୁଁ ଶୁଷ୍କ ଘର୍ଷଣ (dry friction) ପ୍ରବହ ଘର୍ଷଣ (fluid frietion) ରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପ୍ରବହ ଘର୍ଷଣ ହେଉଛି ଶୁଷ୍କଘର୍ଷଣ ତୁଳନାରେ ଅତିମାତ୍ରାରେ କମ୍ ।

(c) ସ୍ପର୍ଶରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଶୁଦ୍ଧ ଓ ସଂପୀଡ଼ିତ ବାୟୁ ପ୍ରବାହ କରାଇ ଘର୍ଷଣ କମାଯାଇପାରେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଧୂଳି ଓ ମଇଳାକୁ ଗତିଶୀଳ ଅଂଶ ଗୁଡ଼ିକରେ ଜମାହୋଇ ରହିବାକୁ ଦିଏ ନାହିଁ ।

ପ୍ରବହ - ଘର୍ଷଣ (Fluid friction)

ତରଳ ପଦାର୍ଥ କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସ୍ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଗତିଶୀଳ ହେବାବେଳେ ମଧ୍ୟ ଘର୍ଷଣ ଜାତ ହୁଏ । ଉଲ୍‌କା ପିଣ୍ଡ (meteor) ଖସିବାବେଳେ ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସହ ଏହାର ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ତାପ ଯୋଗୁଁ ଆଲୋକ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ଆଲୋକ ଦେଖି ଲୋକେ ତାରା ଖସିଲା ବୋଲି କହନ୍ତି । କଠିନ ଓ କଠିନ ପଦାର୍ଥ

ଟିପ୍ପଣୀ

ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଘର୍ଷଣର ବିପରୀତ ପ୍ରକାରେ, ପ୍ରବହ ଘର୍ଷଣ ବସ୍ତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଆକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସେଥିପାଇଁ ମାଛଗୁଡ଼ିକର ଏକ ବିଶେଷ ପ୍ରକାର ଆକୃତି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଦ୍ରୁତଗାମୀ ବ୍ୟୋମଯାନ (aeroplane, helicopter etc) ଓ ଗାଡ଼ିଗୁଡ଼ିକୁ ବି ପ୍ରାୟ ମାଛ ସମାନ ଆକୃତିରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ । ଏପରି ଆକୃତିକୁ ଧାରରେଖା ଆକୃତି (stream line shape) କହନ୍ତି । ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ପ୍ରବହ ଘର୍ଷଣ ମଧ୍ୟ ଦ୍ରୁତ ଭାବେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ଯଦି କାର୍‌ଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ମାନରୁ ଅଧିକ ଦ୍ରୁତ ଗତିରେ ଚଲାଯାଏ ତେବେ ତେଲ ଖର୍ଚ୍ଚ ବେଶୀ ହୁଏ । କାରଣ ସେତେବେଳେ ପ୍ରବହ ଘର୍ଷଣ (ବାୟୁସହ) ର ବୃଦ୍ଧି ଯୋଗୁ ତାହା ଅତିକ୍ରମ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅଧିକ ଜାଳେଣି ଖର୍ଚ୍ଚ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହି କାରଣରୁ ଗାଡ଼ି ନିର୍ମାତାମାନେ ଗାଡ଼ିଗୁଡ଼ିକର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦକ୍ଷତା ପାଇଁ ସେଗୁଡ଼ିକର ବେଗ 40 - 45km h^{-1} ମଧ୍ୟରେ ସୀମିତ ରଖିବା ଲାଗି ସୂଚନା ଦେଇଥା'ନ୍ତି ।

3.7 ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ପଦ୍ଧତି (The Free Body Diagram tecnique)

ଯନ୍ତ୍ର ବିଜ୍ଞାନ (mechanics) ରେ ସମସ୍ୟାଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ ନିମିତ୍ତ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ପଦ୍ଧତିର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ ସହଜ ହୁଏ । କୌଣସି ଏକ ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ସମସ୍ତ ବଳ ଦର୍ଶାଉଥିବା ଚିତ୍ରକୁ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ (FBD) କହନ୍ତି । ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ଅଙ୍କନ ନିମିତ୍ତ ଅନୁସୃତ ବିଧି ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି ।

1. ଦତ୍ତ ବର୍ଣ୍ଣନା ଅନୁଯାୟୀ ତନ୍ତ୍ର (system) ଟିର ଏକ ସରଳ ଓ ପରିଷ୍କାର ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର ।

2. ଯେଉଁ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ ଧ୍ୟାନ କେନ୍ଦ୍ରିଭୂତ କରିବାକୁ ହେବ, ତାହାକୁ ଅଲଗା କର । ଏହାକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ମୁକ୍ତ ବସ୍ତୁ (Free Body) କୁହାଯିବ ।

3. ଏହି ମୁକ୍ତ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ **ସମସ୍ତ ବାହ୍ୟବଳ** (external forces) ବିଚାରକୁ ନିଅ ଏବଂ ମୁକ୍ତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରୟୋଗର ଦିଗ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବେ ତୀରଚିହ୍ନ ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଅ ।

4. ଏବେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ $SF = ma$ ର ପ୍ରୟୋଗ କର (କିମ୍ବା $SF_x = ma_x$ ଓ $SF_y = ma_y$ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ ।)

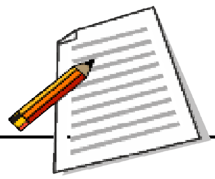
ମନେରଖ :

(i) ବସ୍ତୁଟିର ଗତିଦିଗରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଏକ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ (net force) କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

(ii) ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସମାଧାନ ପାଇବା ପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଜ୍ଞାତ ରାଶି ନିମିତ୍ତ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ଲେଖି ସମାଧାନ କର ।

ଉଦାହରଣ 3.9 :

m_1 ଓ m_2 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବ୍ଲକ୍ ଏକ ଡୋରିରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ଏକ ମସୃଣ ଭୂସମାନ୍ତର ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ରଖାଯାଇଛି । m_2 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବ୍ଲକ୍‌ଟିକୁ ଟେବୁଲ୍ ପୃଷ୍ଠ ସହ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ F ବଳ ଦ୍ୱାରା ଟଣା ଯାଉଛି । ବ୍ଲକ୍ ଦୁଇଟିର ତ୍ୱରଣ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ଡୋରିର ଟାନ (tension) କେତେ ହେବ ?



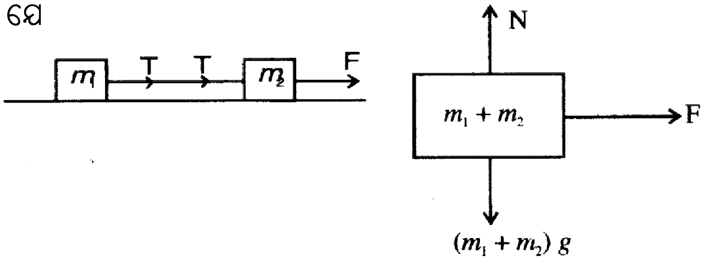
ଟିପ୍ପଣୀ

ସମାଧାନ : ଚିତ୍ର 3.7 ଦେଖ । ***F*** ଦିଗରେ ବ୍ଲକ୍ ଗୁଡ଼ିକର ତ୍ୱରଣ ***a*** ହେଉ ଏବଂ ଡୋରିର ତାନ ***T*** ହେଉ । m_1 ଓ m_2 ର ତନ୍ତ୍ର ନିମିତ୍ତ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖରେ ଉପାଂଶ ଆକାରରେ ସମୀକରଣ S***F*** = *ma*ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ମିଳିବ ଯେ

$N - (m_1 + m_2)g = 0$

ଏବଂ $F = (m_1 + m_2)a$

Þ $a = \dfrac{F}{m_1 + m_2}$

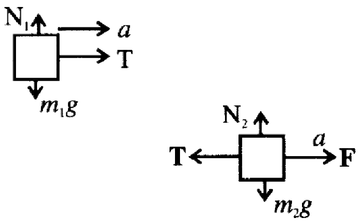


ଚିତ୍ର 3.7 ଡୋରିରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇ ବ୍ଲକ୍ ପାଇଁ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ।

m_1 ନିମିତ୍ତ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖର ଉପାଂଶ ଆକାରରେ ସମୀକରଣ S***F*** = ma_2 ପ୍ରୟୋଗରେ ଆମେ ପାଇବା,

$N_1 - m_1 g = 0$ ଏବଂ $T = m_1 a$

Þ $T = m_1\left(\dfrac{F}{m_1 + m_2}\right)$ or $T = \left(\dfrac{m_1}{m_1 + m_2}\right) F$



ଚିତ୍ର 3.8

ସେହିପରି m_2 ର ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ପାଇଁ {F = ma ପ୍ରୟୋଗ କରି ଦେଖ ତୁମେ a ଓ T ନିମିତ୍ତ ସମାନ ବ୍ୟଞ୍ଜକ (expression) ପାଉଛି କି, ନା ।

ଉଦାହରଣ 3.10 : ଏକ ସ୍ଥିର ଘର୍ଷଣ ବିହୀନ ହାଲୁକା ପୁଲି ଉପର ଦେଇ ଯାଇଥିବା ହାଲୁକା ଅବିସ୍ତାରକ ଡୋରିରେ m_1 ଓ m_2 ($m_1 > m_2$) ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ଡୋରିର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡରେ ବନ୍ଧା ହୋଇରହିଛନ୍ତି । ବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିକୁ ଛାଡ଼ି ଦେଲେ ସେଗୁଡ଼ିକର ତ୍ୱରଣ ଏବଂ ଡୋରିରେ ତାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ :

ମନେକର a = ଭୂମିଆଡ଼କୁ m_1 ର ତ୍ୱରଣ

ତେବେ m_2 ର ତ୍ୱରଣ ମଧ୍ୟ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱଆଡ଼କୁ *a* ହେବ (କାହିଁକି ?)

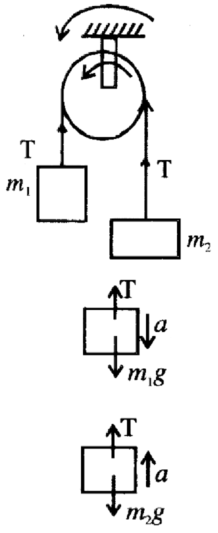
ଦୁଇ ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ଡୋରିର ତାନ ହେଉ T

m_1 ଏବଂ m_2 ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇବୁ SF = *ma*

$m_1 g - T = m_1 a$ .... (i)

$T - m_2 g = m_2 a$ .... (ii)

a ଓ *T* ଏହି ଦୁଇ ସମୀକରଣ ସମାଧାନ କଲେ ଆମେ ପାଇବା,



ଚିତ୍ର 3.9

$a = \left(\dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) . g \quad T = \left(\dfrac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}\right)$

ବର୍ତ୍ତମାନ $m_1 = m_2$ ହେଲେ କିମ୍ବା $m_1 >> m_2$ ହେଲେ, ଦେଖ a ଓ T ର ମାନ ଆଶୁନୁରୂପ ହେଉଛି କି ନା ।

ଉଦାହରଣ 3.10

$M = 10$ kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଟ୍ରଲି 2kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବା ଏକ ବ୍ଲକ୍ ସହିତ ଓଜନ ବିହୀନ ଅବିସ୍ତାରକ ଡୋରିରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏହି ଡୋରି ଏକ ହାଲୁକା ଓ ଘର୍ଷଣ ବିହୀନ ପୁଲି ଉପରେ ଯାଇଛି । (ଚିତ୍ର 3.10 (a) ଦେଖ) । ଟ୍ରଲି ଓ ଏହା ଗଡୁଥିବା ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ $m_k = 0.02$ ହେଲେ

(a) ଟ୍ରଲିର ତ୍ୱରଣ ଏବଂ (b) ଡୋରିର ତାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ : ଚିତ୍ର 3.10 (b) ଓ (c) ଟ୍ରଲି ଓ ବ୍ଲକର ବଳ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଆରେଖ ଦର୍ଶାଉଛନ୍ତି । ମନେକର a ହେଉଛି ବ୍ଲକ ଓ ଟ୍ରଲିର ତ୍ୱରଣ ।

ଟ୍ରଲି ପାଇଁ $F_N = Mg$

ଏବଂ $T - f_k = Ma$

ଏଠାରେ $f_k = m_k F_N$

$= m_k Mg$

\ $T - m_k Mg = Ma$ .... (1)

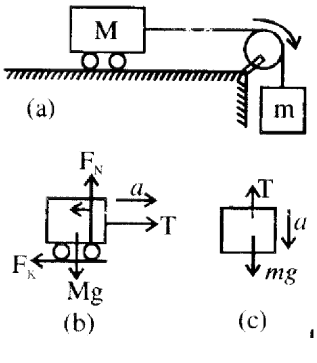
ବ୍ଲକ୍ ପାଇଁ $mg - T = ma$ .... (2)

ସମୀକରଣ 1 ଓ 2 କୁ ଯୋଗକଲେ ମିଳେ

$mg - m_k Mg = (M + m)a$

କିମ୍ବା $a = \dfrac{mg - \mu_K Mg}{M + m} = \dfrac{(2kg)(9.8ms^{-2})(0.02) - (10kg)(9.8ms^{-2})}{(10kg + 2kg)}$

$= \dfrac{19.6kgms^{-2} - 1.96ms^{-2}}{12kg} = 1.47\ ms^{-2}$



$a = 1.47\ ms^{-2}$

ସମୀକରଣ (2) ରୁ $T = mg - ma = m(g - a)$

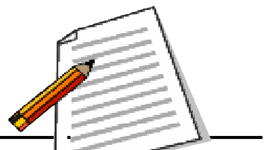
$= 2kg\ (9.8\ ms^{-2} - 1.4\ ms^{-2})$

$= 2kg\ (8.33)\ ms^{-2}$

$T = 16.66$ N

ଚିତ୍ର 3.10

ଟିପ୍ପଣୀ



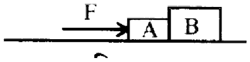
ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 3.4

1. θ ଆନତି ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଆନତ ବନ୍ଧୁର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବ୍ଲକଟିଏ ରଖାଯାଇଛି । ଏକ ଚିତ୍ରରେ ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବିଭିନ୍ନ ବଳ ଗୁଡ଼ିକ ଦର୍ଶାଅ ।

....

2. ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପରି ଯଥାକ୍ରମେ 2kg ଓ 3kg ର ଦୁଇଟି ବ୍ଲକ୍ A ଓ B, ଏକ ଚିକ୍କଣ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଥିବାବେଳେ 100 N ର ବଳ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ । ବ୍ଲକ୍ A ଯୋଗୁଁ ବ୍ଲକ୍ B ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ?



ଚିତ୍ର 3.11

....

3. ଡୋରିଟିର ଟାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଯେତେବେଳେ ଏଥିରୁ ଝୁଲୁଥିବା 5kg ର ଏକ ବସ୍ତୁ

(a) 2 ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଉପରକୁ ଟଣାଯାଏ ।

(b) 2 ms^{-2} ତ୍ୱରଣ ସହିତ ଉପରକୁ ଟଣାଯାଏ ।

....

3.8 ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ଓ ଅଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧରେ ମୌଳିକ ଧାରଣା

(Elementary ideas of Inertial and Non Intertial Frames)

ଏକ ବିମିତୀୟ (ସରଳ ରେଖାରେ)ଗତିର ଅନୁଧ୍ୟାନ ନିମିତ୍ତ ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ବିନ୍ଦୁ (Origin) ହିଁ ଯଥେଷ୍ଟ । କିନ୍ତୁ ଦ୍ୱି-ବିମିତୀୟ ଓ ତ୍ରି-ବିମିତୀୟ ଗତି ହେଲେ, ଶୂନ୍ୟରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥିତି ସ୍ଥିର କରିବାକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକାରୀ ସରଳରେଖାମାନଙ୍କର ସେଟ୍ (set) ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ସରଳରେଖାଗୁଡ଼ିକର ଏହି ସେଟ୍‌କୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର (frame of reference) କହନ୍ତି ।

ଯେ କୌଣସି ଗତି କୌଣସି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ହିଁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିପାରେ । ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକର ଗତିର ଅବସ୍ଥା ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ଗତିର ବର୍ଣ୍ଣନା ମଧ୍ୟ ବଦଳିଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ରେଲ୍‌ୱେ ପ୍ଲାଟ୍‌ଫର୍ମ ଉପରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ବାକ୍ସ କଥା ବିଚାର କରାଯାଉ । ପ୍ଲାଟଫର୍ମରେ ଠିଆ ହୋଇଥିବା ଲୋକଟି ପାଇଁ ବାକ୍ସଟି ପ୍ଲାଟଫର୍ମରେ ସ୍ଥିର ଥିବା ପରି ଜଣା ପଡ଼ିବ । କିନ୍ତୁ ସମ ପରିବେଗ u ରେ ଗତିଶୀଳ ଟ୍ରେନ୍‌ରେ ବସିଥିବା ବ୍ୟକ୍ତିଟିକୁ ଜଣାଯିବ ଯେପରି ବାକ୍ସଟି ସେହି u ପରିବେଗରେ ଟ୍ରେନ୍‌ଟିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଯାଉଛି ଅର୍ଥାତ୍ ଟ୍ରେନ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଉକ୍ତ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କ ପାଇଁ ବାକ୍ସଟିର ପରିବେଗ $-u$ ହେବ । କିନ୍ତୁ ଟ୍ରେନ୍‌ଟିର ତ୍ୱରଣ a ଥିଲେ ସେଥିରେ ବସିଥିବା ବ୍ୟକ୍ତି ମଧ୍ୟ ତ୍ୱରଣ a ସହ ଗତି କରୁଥିବେ । ସେତେବେଳେ ପ୍ଲାଟ୍‌ଫର୍ମରେ ରଖାଯାଇଥିବା ବାକ୍ସଟିକୁ ସେ $-a$ ତ୍ୱରଣ ସହ ଗତିଶୀଳ ହେଉଥିବାର ଅନୁଭବ କରିବେ । ତେଣୁ ଏଠାରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରୁଥିବା ବ୍ୟକ୍ତି (observer)ଙ୍କ ପାଇଁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମର ସତ୍ୟତା ସନ୍ଦେହ ଜନକ ହେବ ଅଥାର୍ତ୍ ବାକ୍ସଟି ଉପରେ କୌଣସି ବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ନହୋଇ ମଧ୍ୟ ତାହାର ତ୍ୱରଣ $-a$ ଥିବା ପରି ବୋଧ ହେବ ।

ତେଣୁ ଗତିର ବର୍ଣ୍ଣନା ନିମିତ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ସହ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର (frame of reference) ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ରହିଥାଏ । ଯଦି ଏହି ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର ଅଧ୍ୟୟନ କରା ଯାଉଥିବା ବସ୍ତୁ ତୁଳନାରେ ସ୍ଥିର ରହେ କିମ୍ବା

ସମପରିବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ, ତେବେ ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ରରେ ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ନିୟମ (law of intertia) କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ତେଣୁ ଏପରି ତନ୍ତ୍ର ବା ଫ୍ରେମ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ତନ୍ତ୍ର କହନ୍ତି । ଅନ୍ୟପକ୍ଷରେ ଯଦି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକର ତନ୍ତ୍ର ବା ଫ୍ରେମ୍ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେଉଥାଏ, ତେବେ ଏପରି ତନ୍ତ୍ରକୁ ଅଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ତନ୍ତ୍ର (non-inertial frame) କହନ୍ତି ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏକ ଅଜଡତ୍ୱୀୟ ତନ୍ତ୍ରରେ a ତ୍ୱରଣ ଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁର ଗତି ନିମିତ୍ତ ଏକ ଛଦ୍ମବଳ ma (psuedo force) ର ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ । ଘୂରୁଥିବା ଏକ ବସ୍ତୁ ପାଇଁ ଏହି ବଳକୁ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ କହନ୍ତି ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 3.5

1. ଟ୍ରେନ୍ ଭିତରେ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ଅଧା ଜଳ ଥିବା ଗ୍ଲାସ୍‌ଟିଏ ରଖାଯାଇଛି । ଟ୍ରେନ୍‌ଟି ଗତି ଆରମ୍ଭ କଲେ ଗ୍ଲାସ୍ ଭିତରେ ଥିବା ମୁକ୍ତ ଜଳପୃଷ୍ଠ ଭୂସମାନ୍ତର ରହିବ କି ?

....

2. ଏକ ବକ୍ର ପଥରେ କାର୍‌ଟିଏ ଅଧିକ ବେଗରେ ଚଳାଇଲେ ଏହା ବାହାର ପଟକୁ ଖସିଯାଏ । କାର୍‌ଭିତରେ ବସିଥିବା ବ୍ୟକ୍ତି କାର୍‌ର ଏହି ଗତିକୁ କିପରି ବୁଝାଇବ ? ରାସ୍ତାରେ ଠିଆ ହୋଇ ଥିବା ଅନ୍ୟ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି କାର୍‌ର ଏହି ଗତିକୁ କିପରି ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବ ?

....

3. $2p \times 10^3$ rad s^{-1} କୋଣୀୟ ବେଗରେ ଘୂରାଯାଉଥିବା ଏକ ସେଣ୍ଟ୍ରିଫ୍ୟୁଜ୍‌ର ଜଳ ମିଶ୍ରଣରେ 6×10^{-10}kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର କଣିକା ଅଛି । ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷଠାରୁ କଣିକାଟିର ଦୂରତା 4cm ଅଟେ । କଣିକାଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ କେନ୍ଦ୍ରପସାରୀ ବଳ ହିସାବ କର ।

....

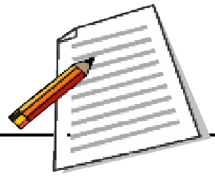
4. ପୃଥିବୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନର କୌଣୀୟ ବେଗ କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯଦ୍ୱାରା ଏହା ପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ ଦ୍ୱାରା ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ପଡୁଥିବା 2kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶତନ୍ତ୍ରରେ ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ବଳର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

....

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

1 ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା କିମ୍ବା ସମଗତୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରୁଥିବା ପ୍ରବୃତ୍ତିକୁ ଏହାର ସ୍ଥାଣୁତା ବା ଜଡ଼ତ୍ୱ (inertia) କହନ୍ତି ।

1 ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମଟି ହେଉଛି – "ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ କୌଣସି ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟ ବଳର ପରିମାଣ ଶୂନ୍ ରହିଥିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବସ୍ତୁଟି ତାହାର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା କିମ୍ବା ଏକ ସରଳରେଖାରେ ସମଗତୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଥାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

- $\boldsymbol{v}$ ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କଣିକା ପାଇଁ ଆମେ ଏକ ସଦିଶ ରାଶି p ର ସଂଜ୍ଞା ଦେଉ । ଏହାକୁ ରୈଖିକ ସଂବେଗ ଅର୍ଥାତ୍ $\mathbf{p} = \mathrm{m}\boldsymbol{v}$ ଆକାରରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇ ଥାଏ ।

- ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ ହେଉଛି - ଏକ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର (rate of change of momentum) ଏହା ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ପରିଣାମୀ ବଳ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ, i.e. $\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$

- ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କରେ ଯେ - ଯଦି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ A ଓ B ପରସ୍ପର ସହିତ ଆନ୍ତଃକ୍ରିୟା କରନ୍ତି ତେବେ ବସ୍ତୁ A ବସ୍ତୁ B ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ, ବସ୍ତୁ B ବସ୍ତୁ A ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ ସହିତ ସମାନ କିନ୍ତୁ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୁଏ ।

- ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଯଦି କଣିକାମାନଙ୍କର ଏକ ତନ୍ତ୍ର (system)ରେ କୌଣସି ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ (net) ବାହ୍ୟବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ ନାହିଁ, ସେଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରସ୍ପରିକ ବଳର ପ୍ରକୃତି ଯାହା ହେଲେ ବି ତନ୍ତ୍ରଟିର ମୋଟ ସଂବେଗ ସ୍ଥିର (constant) ରହେ ।

- ଏକ ବସ୍ତୁ କୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଖସିବା ଅବସ୍ଥାରେ କିମ୍ବା ଗଡ଼ିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା ବେଳେ କିମ୍ବା ଏହି ଅବସ୍ଥା ପ୍ରାପ୍ତ ହେବା ପାଇଁ ଉପକ୍ରମ କରୁଥିବା ବେଳେ ବସ୍ତୁଟିର କ୍ରିୟାକୁ ବିରୋଧ କରି ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳକୁ ଘର୍ଷଣ ବଳ କହନ୍ତି । ଯଦି ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଥାଇ ସେଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ରହେ ତେବେ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଉକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୁଏ ଓ ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

- ବସ୍ତୁ ଓ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବା ସର୍ବାଧିକ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣବଳ $f_s^{(max)}$, ବସ୍ତୁଟି ଉପରେ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ବଳ $\mathbf{F_N}$ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ହୁଏ, ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରାୟ ଖସିବା ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଥାଏ, ସେତେବେଳେ ଏହି ବଳ ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ।

- ଏକ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଖସୁଥିବା ବସ୍ତୁ ନିମିତ୍ତ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ବଳ f_k କୁ $f_k = m_k\mathbf{F_N}$ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ m_k କୁ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ (coefficient of kinetic friction) କହନ୍ତି ।

- ରୋଲର୍ ଓ ବଲ୍-ବିୟରିଂର ବ୍ୟବହାର ଘର୍ଷଣ କମାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ ଏବଂ ତଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ ଜନିତ ଶକ୍ତିକ୍ଷୟ ବହୁତ କମିଯାଏ । କାରଣ ଲୋଟନ୍ ଘର୍ଷଣ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ଠାରୁ ବହୁତ କମ୍ ।

- କେବଳ ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶତନ୍ତ୍ରର ନିଉଟନ୍ ଗତିର ନିୟମମାନ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଯେଉଁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ରରେ ଏକ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ (isolated) ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ଶୂନ୍ ହୁଏ ତାହାକୁ ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ର କହନ୍ତି ।

- କୌଣସି ବସ୍ତୁ ସ୍ଥୈତିକ ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିବା ନିମିତ୍ତ ଏହା ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ସମସ୍ତ ବଳର ସଦିଶ ଯୋଗଫଳ ଶୂନ୍ ହୁଏ । ଏହା ହିଁ କେବଳ ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ଓ ପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ (sufficient) ସର୍ତ୍ତ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ନିମ୍ନଲିଖିତ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ସର୍ବଦା ବସ୍ତୁ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟବଳ ଦିଗରେ ରହିବ ?

(a) ବିସ୍ଥାପନ (b) ପରିବେଗ (c) ତ୍ୱରଣ (d) ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ

2. ଯେତେବେଳେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବାହ୍ୟ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ, ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ?

(a) ସ୍ଥିତି (b) ବେଗ (c) ପରିବେଗ (d) ତ୍ୱରଣ

3. 0.5kg ର ଏକ ବଲ୍ ଏପରି ଏକ ଉଚ୍ଚତାରୁ ପକାଗଲା ଯେ ଏହା ଭୂମିରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ 4s ନେଲା । ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହିସାବ କର ।

4. କେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ 2kg ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଧିକତର ହେବ :

(a) ଯେତେବେଳେ 10N ବଳ ଏହା ଉପରେ 1s ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ ?

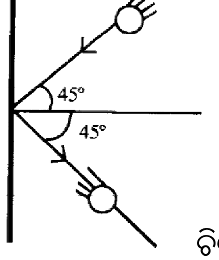
(b) ଯେତେବେଳେ 10N ବଳ ଏହା ଉପରେ 1m ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ ?

ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହିସାବ କର ।

5. 0.2kg ଏକ ବଲ୍ 6 ms^{-2} ତ୍ୱରଣରେ ବାୟୁରେ ଖସୁଛି । ବଲ୍‌ଟି ଉପରେ ବାୟୁର ପଶ୍ଚାତ୍‌କର୍ଷଣ (drag) ହିସାବ କର ।

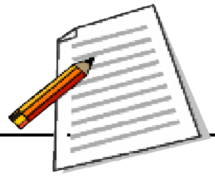
6. 20kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବୋଝକୁ ଏକ ଦଉଡ଼ି ସାହାଯ୍ୟରେ ସମତ୍ୱରଣ ସହିତ ଉପରକୁ ଉଠାଗଲା । ବୋଝଟି 2 ସେକେଣ୍ଡରେ 5m ଉଚ୍ଚତା ଅତିକ୍ରମ କଲା । ଦଉଡ଼ିରେ ସୃଷ୍ଟ ଟାନ (tension) ହିସାବ କର । ଏକ ରକେଟ୍‌ର m ସମୟ ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏହିକ୍ଷେତ୍ରରେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ଗାଣିତିକ ରୂପ ଲେଖ ଏବଂ ଏହାକୁ ଭୌତିକ ଭାବେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

7. 10 ms^{-1} ଗତି କରୁଥିବା ଏକ 0.1kg ବଲ୍ ଏକ କାନ୍ଥରେ ବାଜି ସମବେଗରେ ଚିତ୍ର 3.12 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପ୍ରକାରେ ବିକ୍ଷେପିତ ହୁଏ । ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



ଚିତ୍ର 3.12

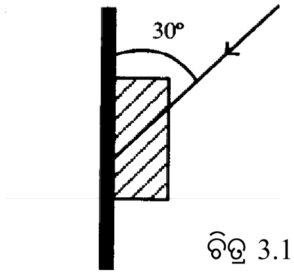
8. ଏକ ମେସିନ୍‌ଗନ୍ ମିନିଟ୍‌ପ୍ରତି 150 ବୁଲେଟ୍ ଫାୟାର୍ କରିପାରେ । ଯଦି ପ୍ରତି ବୁଲେଟ୍ 900ms^{-1} ବେଗରେ ଗତିକରେ ଏବଂ ପ୍ରତି ବୁଲେଟ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 12g ହୁଏ, ତେବେ ମେସିନ୍ ଗନ୍‌ଟି ଉପରେ ହାରାହାରି ପ୍ରତିକ୍ଷିପ୍ତ ବଳ (recoil force) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



9. ଦ୍ରୁତ ଗତିରେ ଗତିଶୀଳ ଏକ ବଲ୍‌କୁ ଧରି ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବା ବେଳେ ହାତ କାହିଁକି କିଛି ପଛକୁ ଯାଏ ?

10. ପ୍ରଥମେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଏକ 2kg ର ବସ୍ତୁ ଉପରେ 2 ସେକେଣ୍ଡ୍ ପାଇଁ 20 N ର ଏକ ସ୍ଥିର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହୁଏ । ତେବେ ପ୍ରାରମ୍ଭରୁ (a) 1 ସେକେଣ୍ଡ୍ ପରେ ଏବଂ (b) 3 ସେକେଣ୍ଡ୍ ପରେ ବସ୍ତୁଟିର ପରିବେଗ କ'ଣ ହେବ ?

11. ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ କାନ୍ଥ ସହିତ ସଂଲଗ୍ନରେ ଥିବା ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ବଳ ଯୋଗୁଁ ଏହା ନଖସି ସେହି ସ୍ଥାନରେ କିପରି ରହିପାରେ ?



ଚିତ୍ର 3.13

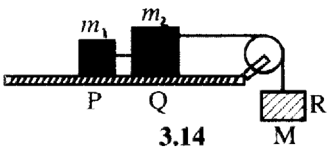
12. ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ 1.2kg ର ଏକ ବ୍ଲକ୍ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହିଛି । ବ୍ଲକ୍ ଓ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ 0.5 ଅଟେ । ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହେଉଥିବା ବାହ୍ୟ ବଳର ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ (a) 0 N ,(b) 4.9 N ଏବଂ (c) 9.8 N ଥିବା ବେଳେ ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବା ଘର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

13. ଏକ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ସ୍ଥିର ଭାବେ ରହିଥିବା ଏକ ବ୍ଲକ୍ ପାଇଁ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିମାଣ 10N ଅଟେ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବେ 5N ର ବାହ୍ୟବଳ ବ୍ଲକ୍‌ଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲେ, ଏହା ଉପରେ କେତେ ଘର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ ?

14. 30^0 ଆନତି ଥିବା ଏକ ଆନତ ସମତଳ ଉପରେ 5kg ର ଏକ ବ୍ଲକ୍ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରଖିବା ପାଇଁ ସର୍ବନିମ୍ନ ବଳ F କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ? ବ୍ଲକ୍ ଓ ଆନତ ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥୈତିକ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ 0.25 ଅଟେ ।

15. ଦୁଇଟି ବ୍ଲକ୍ P ଓ Q ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ m_1 = 2kg ଓ m_2 = 3kg । ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଲଗ୍ନରେ ଥାଇ ଏକ ଘର୍ଷଣ ହୀନ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ରଖାଯାଇଛନ୍ତି । ବ୍ଲକ P ଉପରେ ପୃଷ୍ଠଟି ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବେ ଏକ ବାହ୍ୟବଳ F = 10 N ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ, (a) ବ୍ଲକ୍ ଗୁଡ଼ିକର ତ୍ୱରଣ ଏବଂ (b) ବ୍ଲକ୍ P ବ୍ଲକ Q ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

16. m_1 = 2 kg ଓ m_2 = 4_1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବ୍ଲକ୍ P ଓ Q । M ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତୃତୀୟ ବ୍ଲକ୍ R ସହିତ ଚିତ୍ର 3.14 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି । M ର ପରିମାଣ ସର୍ବୋଚ୍ଚ କେତେ ହେଲେ ଏହି ସଂଯୁକ୍ତ ତନ୍ତ୍ରଟି ସନ୍ତୁଳନରେ ରହିବ ? ପ୍ରତ୍ୟେକ ବ୍ଲକ୍ ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଏହା ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଅଭିଲମ୍ବୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଅଟେ ।



3.14

ଟିପ୍ପଣୀ

17. ସାଇକେଲ୍ ବ୍ରେକ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘର୍ଷଣର ଭୂମିକା ବୁଝାଅ । ଯଦି ସାଇକେଲ ରିମ୍‌ରେ କେତେ ବୁନ୍ଦା ତେଲ ପକାଇ ଦିଆଯାଏ ତେବେ କ'ଣ ହେବ ?

18. $q = 37^0$ ଆନତି ଥିବା ଏକ ଆନତ ସମତଳରେ ଉପର ଆଡ଼କୁ ଏକ 2kg ବ୍ଲକ୍‌କୁ $20ms^{-1}$ ବେଗରେ ଠେଲି ଦିଆଗଲା । ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆସିବା ପୂର୍ବରୁ ବ୍ଲକ୍‌ଟି କେତେ ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରିଥିବ ? ବ୍ଲକ୍ ଓ ଆନତ ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ ଗତିଜ ଘର୍ଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ $m_k = 0.5$ ଅଟେ ।

ଧରିନିଅ ଯେ $g = 10\ ms^{-2}$ ଏବଂ $\sin 37^0 = 0.6$ ଓ $\cos = 37^0 = 0.8\ ms^{-2}$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର

3.1

1. ନା, ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ପୂର୍ବରୁ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ବସ୍ତୁ ପାଇଁ ଉକ୍ତିଟି ସତ୍ୟ ଅଟେ ।

2. ଜଡ଼ତ୍ୱୀୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ

3. ହଁ, ଯେପରି ସମ ବୃତ୍ତୀୟ ଗତିରେ ହୁଏ ।

4. ଏକ ବଳ ଗତି ବଦଳାଇ ପାରେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଆକୃତି ବଦଳାଇ ଦେଇ ପାରେ ।

3.2

1. ଲଘୁତର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ

2. (a) ହଁ, (b) ନା

3. ତଳକୁ ପଡୁଥିବା ବଲ୍‌ଟିର ସଂବେଗ ବୃଦ୍ଧିପାଏ କାରଣ ଏହା ଉପରେ ମହାକର୍ଷଣ ବଳ ଏହାର ଗତି ଦିଗରେ କ୍ରିୟାକରେ ଏବଂ ତଦ୍ୱାରା ପରିବେଗ କ୍ରମଶଃ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।

4. (b) କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଧିକତର ହେବ । ଗୁଣଫଳ FDt ହିଁ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣିଥାଏ । (ଯେହେତୁ $F \propto \frac{\Delta p}{\Delta t}$)

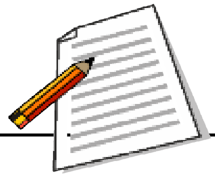
5. ନା, ଯଦିଓ ବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ, ପରିବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ କାରଣ ଏହାର ଦିଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିଥାଏ । ଏଣୁ ସଂବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି ପାରେ ନାହିଁ ।

3.3

1. ଭୂମି ଦ୍ୱାରା ଡିଆଁଳି ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଦ୍ୱାରା ଡିଆଁଳି ଉପର ଆଡ଼କୁ ନିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ବଳ ଡିଆଁଳି ଭୂମି ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସ୍ୱରୂପ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

2. (a) ବ୍ୟକ୍ତି ଫୁଟ୍‌ବଲ୍‌କୁ କିକ୍ (Kick) କରୁଥିବା ବେଳେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ ହେଉଛି କ୍ରିୟା ଏବଂ ଫୁଟ୍‌ବଲ୍ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତି ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଥିବା ବଳ ହେଉଛି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ।

(b) ଯେଉଁ ବଳ ଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀ ଚନ୍ଦ୍ରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ତାହା ହେଉଛି କ୍ରିୟା ଏବଂ ଚନ୍ଦ୍ର ପୃଥିବୀ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ ହେଉଛି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ।



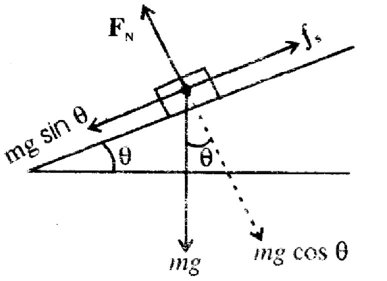
(c) ଯଦି ବଲ୍‌ଟି ଦ୍ୱାରା କାନ୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉଥିବା ବଳ କ୍ରିୟା ହୁଏ, ତେବେ କାନ୍ଥ ଦ୍ୱାରା ବଲ୍‌ଟି ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉଥିବା ବଳ ହେବ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ।

3. ନା, ଯୁକ୍ତି ଠିକ୍ ନୁହେଁ । ଯେତେବେଳେ ଆଲମାରୀ ଓ ଭୂମି ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଘର୍ଷଣ ବଳ ଠାରୁ ବ୍ୟକ୍ତି ଆଲମାରୀ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ଠେଲା ବଳ ଅଧିକ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ହିଁ ଆଲ୍‌ମାରୀଟି ଘୁଞ୍ଚିଥାଏ । ବ୍ୟକ୍ତି ଜଣକ ପଛ ଆଡ଼କୁ ଠେଲି ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ କାରଣ ଭୂମି ଓ ତାଙ୍କ ପାଦ ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ହୁଏ ।

ଏକ ପିଚ୍ଛିଳ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ସେ ଆଲମାରୀଟିକୁ ଆଗକୁ ଠେଲି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ ।

3.4

1.



ଚିତ୍ର 3.15

2. 40 N

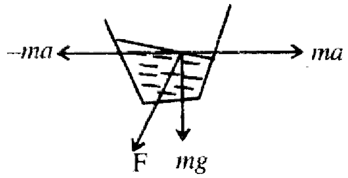
3. (a) (5 × 9.8) N = 49N

(b) F = (5 × 2) N + (5 × 9.3) N = 59 N

3.5

1. ଟେନ୍‌ଟି ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରିବା ବେଳେ ଏହାର ତ୍ୱରଣ ଥାଏ ଓ ଏହା **a** ହେଉ । ଏଣୁ ଟ୍ରେନ୍‌ଟି ସହିତ ରହିଥିବା ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ତନ୍ତ୍ରରେ ଜଳ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉଥିବା ମୋଟ ବଳ $\mathbf{F} = mg - ma,$

ଏଠାରେ m ହେଉଛି ଗ୍ଲାସ୍ ଓ ସେଥିରେ ଥିବା ଜଳର ବସ୍ତୁତ୍ୱ । ଚିତ୍ର 3.16 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଗ୍ଲାସ୍‌ରେ ଥିବା ଜଳ ପୃଷ୍ଠର ସ୍ଥିତି ଏପରି ହୁଏ ଯଦ୍ୱାରା ଏହା F ର ଦିଗ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଭାବରେ ରହେ ।



ଚିତ୍ର 3.16

2. ଭିତରେ ବସିଥିବା ଯାତ୍ରୀ ପାଇଁ $(-mu^2/r)$ ପରିମାଣର କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ (centrifugal force) କାର୍‌ଟି ଉପରେ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ । u ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ, r ର ପରିମାଣ ସେହି ଅନୁଯାୟୀ ଅଧିକ ହେବ । ରାସ୍ତାରେ ଠିଆ ହୋଇଥିବା ଦର୍ଶକ ପାଇଁ ବକ୍ରରେ ଯାଉଥିବା କାର୍‌ଟିର u^2/r ପରିମାଣର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ତ୍ୱରଣ ଥିବା ଜଣାଯିବ । ପୁନଶ୍ଚ u ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ ବକ୍ରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ତଦନୁଯାୟୀ ଅଧିକ ହେବ ।

3. କଣିକାଟି ଉପରେ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ କେନ୍ଦ୍ରପସାରୀ ବଳ ହେବ $F = mw^2r = (6 \times 10^{-10}kg)\times(2p \times 10^3$ rad $s^{-1})^2 \times (0.04m) = 9.4 \times 10^{-4}N$ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

4. ବସ୍ତୁଟି ଛିଟିକି ଉଡ଼ିଯିବା ପାଇଁ କେନ୍ଦ୍ରାପସାରୀ ବଳ (= କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ) ବସ୍ତୁର ଓଜନ ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ । ଯଦି ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ହୁଏ, ତେବେ $mu^2/r=mg$ । ଯେହେତୁ

$u = r\omega$, ତେଣୁ $\frac{r^2\omega^2}{r} = g \quad \omega = \sqrt{g/r}$

$\therefore$ $\sqrt{g/r}$ ଠାରୁ ଅଧିକ ଯେ କୌଣସି କୋଣୀୟ ବେଗ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଉଡାଇ ନେବ ।

5. ଶୂନ୍ (ଯେପରି ମୁକ୍ତ ରୂପେ ପଡୁଥିବା ବସ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହୁଏ)

ପାଠାନ୍ତ ଗାଣିତିକ ପ୍ରଶ୍ନ ଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର

1. (d)

2. (a) ଯଦି ପଦାର୍ଥର ଭିତରେ ସୃଷ୍ଟି ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀକ ବଳ ବାହ୍ୟବଳ ଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ଯେପରିକି କୌଣସି କାନ୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉଥିବା ବଳ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହୁଏ ।

(b) ଯଦି ବସ୍ତୁର ସମସ୍ତ ସ୍ଥିତିରେ ଗତି ଦିଗ ପ୍ରତି ବଳ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ରହେ, ତେବେ ବେଗ ସମାନ ରହେ କିନ୍ତୁ ଗତିର ଦିଗ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥିତିରେ ବଦଳୁଥାଏ ।

3. $v = 0 + (-g) \times 4$

$\Rightarrow |\boldsymbol{v}| = 40 ms^{-1}$ (ଯଦି $g = 10 ms^{-2}$ ଧରି ନିଆଯାଏ)

$\therefore \Delta \mathbf{P} = m(v - u) = (0.5 \times 40) = 20$ kg ms^{-1}

4. ଯେତେବେଳେ 10N ବଳ 1s ପାଇଁ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ ।

5. 0.76 N

7. 250 N

8. 27 N

10.(a) $10 ms^{-1}$, (b) $20 ms^{-1}$

12. (a) 0 N, (b) 4.9 N, (c) ~7.5 N

13. 5 N

14. 14.2 N

15. (a) 2 ms^{-2}, (b) 6 N

16. 3 kg

18. 20m