6

କାର୍ଯ୍ୟ, ଶକ୍ତି ଓ ସାମର୍ଥ୍ୟ

ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗରେ ବସ୍ତୁରେ ଗତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାକୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତିର ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ତୁମେ ଜାଣିଛ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଯୋଗୁଁ କିପରି ଏହାର ପରିବେଗ (ବେଗ ଏବଂ ଦିଗ)ରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଏହି ପାଠ୍ୟରେ ତୁମେ କାର୍ଯ୍ୟ ଓ ଶକ୍ତିର ଧାରଣା ଜାଣିବ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଆଧୁନିକ ସମାଜ ବହୁ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ କରେ । ଆଦିମ ମନୁଷ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ମାଂସପେଶୀର ଶକ୍ତି ବ୍ୟବହାର କରୁଥିଲା । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ, ବିଭିନ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବାକୁ ପଶୁମାନଙ୍କୁ ନିୟୋଜିତ କରାଗଲା । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଯନ୍ତ୍ରର ଉଦ୍ଭାବନ ପରେ, ମନୁଷ୍ୟର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ଦକ୍ଷତା ବହୁ ପରିମାଣରେ ବୃଦ୍ଧି ହେଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମର ସଭ୍ୟତାର ଉନ୍ମେଷ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣର ବ୍ୟବହାରୋପଯୋଗୀ ଶକ୍ତି ମିଳିବା ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ । ତେଣୁ ଶକ୍ତି ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟ ପରସ୍ପର ସହିତ ନିବିଡ଼ଭାବେ ସଂପୃକ୍ତ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଆଲୋଚନାରୁ ତୁମେ ବୁଝି ପାରୁଥିବ ଯେ ନୂଆ ନୂଆ ଉନ୍ନତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଦ୍ଧତି ଯୋଗୁଁ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ହାର ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି । ଉଦାହରଣ, ଆମେ ମନୁଷ୍ୟଶକ୍ତିରୁ $^{23}_{11}$ ପଶୁଶକ୍ତି $^{23}_{11}$ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରୁଛେ । କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନର ହାରକୁ **ସାମର୍ଥ୍ୟ** କୁହାଯାଏ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

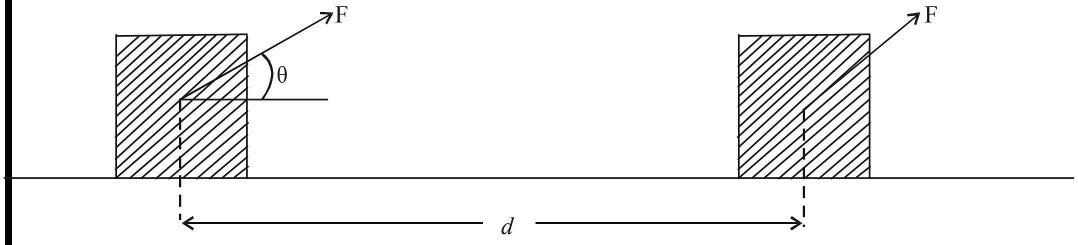
- *ଗୋଟିଏ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିପାରିବ ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକ ଦେଇପାରିବ;*
- *ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣକୁ ହିସାବ କରି ପାରିବ;*
- *କାର୍ଯ୍ୟ-ଶକ୍ତି ଉପପାଦ୍ୟ କହି ପାରିବ;*
- *ଏକ ତନ୍ତ୍ରର ସାମର୍ଥ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ଦେଇ ପାରିବ;*
- *ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଗତି ଫଳରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣକୁ ହିସାବ କରି ପାରିବ;*
- *ଶକ୍ତିର ଅର୍ଥ ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଓ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଉପଲବ୍ଧ କରିପାରିବ ;*
- *ଭୌତିକୀ ତନ୍ତ୍ର ନିମିତ୍ତ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ଏବଂ*
- *ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତରେ ସଂବେଗ ଓ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମମାନ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ।*

ଟିପ୍ପଣୀ

6.1 କାର୍ଯ୍ୟ

ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ରରେ 'କାର୍ଯ୍ୟ' - ଏହି ଶବ୍ଦଟିର ଅର୍ଥ ଭିନ୍ନ । ଯେତେବେଳେ ପାଠ ପଢୁଛ, ତୁମେ ମାନସିକ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛ । ଜଣେ ଶ୍ରମିକ ଏକ କୋଠାର ଉପରମହଲାରୁ ସିମେଣ୍ଟ ଓ ଇଟା ବୋହିଲା ବେଳେ ସେ ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ଶାରୀରିକ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରୁଛି । କିନ୍ତୁ ବିଜ୍ଞାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ 'କାର୍ଯ୍ୟ'ର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅର୍ଥ ଅଛି । ଆମେ ସାଧାରଣ ଅର୍ଥରେ କାର୍ଯ୍ୟ କହିଲେ ଯାହା ବୁଝୁ, ବିଜ୍ଞାନରେ ବ୍ୟବହୃତ କାର୍ଯ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ତା'ସହିତ ସର୍ବଦା ସମାନ ନୁହେଁ । କାର୍ଯ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି । ମନେକର, ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ବଳ ***F*** ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ***d*** ବିସ୍ଥାପନ ହେଉଛୁ ଅର୍ଥାତ୍ ଏହା ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ *d* ଦୂରତା ଗତି କରୁଛି । ଏହା ଚିତ୍ର 6.1 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ଗୋଟିଏ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି ବିସ୍ଥାପନ ଦିଗରେ ବଳର ଉପାଂଶର ମାପ ଓ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନର ଗୁଣନ ଫଳ ।



ଚିତ୍ର 6.1 ଗୋଟିଏ ବ୍ଲକ୍ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଏକ ବଳ *F* ଏହାକୁ *d* ଦୂରତା ଘୁଞ୍ଚାଉଛି । ବଳର ଦିଗ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗ ପ୍ରତି θ କୋଣ କରିଛି ।

ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ **d** ପ୍ରତି ଯଦି ବଳ **F** କୋଣ θ କରିଥାଏ, ତେବେ **d** ଦିଗରେ ଏହାର ଉପାଂଶ ହେବ $F\cos\theta$ । ତେଣୁ ବଳ ***F*** ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ

$$W = F\cos\theta \,.\, d \qquad (6.1)$$

ଭେକ୍ଟର୍ ରୂପରେ, ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ହେବ :

$$W = \mathbf{F}.\mathbf{d} \qquad (6.2)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ଯଦି $d = 0$, ତେବେ $W = 0$ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଯଦି ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ ଶୂନ୍, ତେବେ ଯେତେ ପରିମାଣର ବଳ ହେଲେ ମଧ୍ୟ, ତାହା ଦ୍ୱାରା ଆଦୌ କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ଯଦିଚ ଉଭୟ ବଳ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ଭେକ୍ଟର୍ ରାଶି, କାର୍ଯ୍ୟ ଏକ ସ୍କାଲାର୍ ରାଶି ।

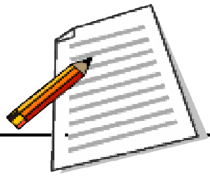
ତୁମ ପାଇଁ କାମ 6.1

ତୁମେ ଏବଂ ତୁମର ବନ୍ଧୁମାନେ ଏକ କୋଠରୀର କାନ୍ଥକୁ ଠେଲିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିପାର । ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ ଯେତେ ହେଲେ ମଧ୍ୟ କାନ୍ଥ ଘୁଞ୍ଚିବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଆମେ କହିବା ଯେ କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହେଉ ନାହିଁ ।

ସମୀକରଣ (6.2) ପ୍ରୟୋଗ କରି କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକର ସଂଜ୍ଞା ଦିଆଯାଏ । ଯଦି ପ୍ରୟୋଗ ବଳ ନିଉଟନ୍‌ରେ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ମିଟରରେ ହୁଏ, ତେବେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକ 1 ଜୁଲ୍ ହୋଇଥାଏ ।

(ବଳର ଏକକ) × (ବିସ୍ଥାପନର ଏକକ) = newton . metre = Nm .... (6.3)

ଏହି ଏକକର ଅଛି ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ନାମ, joule ଏବଂ ଏହା J ଭାବେ ଲେଖାଯାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

1 ନିଉଟନ୍ ବଳ ଯୋଗୁଁ 1 ମିଟର ବିସ୍ଥାପନ ହେଲେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି ଏକ ଜୁଲ୍‌ର ସଂଜ୍ଞା । ଜୁଲ୍ ହେଉଛି କାର୍ଯ୍ୟର SI ଏକକ ।

ଉଦାହରଣ 6.1 : କାର୍ଯ୍ୟର ବିମିତୀୟ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।

ସମାଧାନ : W = ବଳ × ଦୂରତା

= ବସ୍ତୁତ୍ୱ × ତ୍ୱରଣ × ଦୂରତା

କାର୍ଯ୍ୟର ବିମିତି = $[M] \times [LT^{-2}] \times [L]$

$= [ML^2T^{-2}]$

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପନରେ, କିଲୋୱାଟ୍ - ଘଣ୍ଟା (kWh) କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକ ଭାବେ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ । ଏହାର ଜୁଲ୍ ସହିତ ସଂପର୍କ ହେଉଛି,

$1\ kWh = 3.6 \times 10^6 J$

ଏ ସଂପର୍କରେ ବିଶଦ ଭାବେ ତୁମେ ଏହି ପାଠ୍ୟ ଉପାଂଶରେ ପରେ ପଢ଼ିବ ।

ଉଦାହରଣ 6.2 : ଭୂସମାନ୍ତର ସହିତ 60^0 କୋଣ କରି ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ 6N ର ଏକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଛି । ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ବସ୍ତୁକୁ 2 ମିଟର ଘୁଞ୍ଚାଇବାରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ସମୀକରଣ 6.2 ରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ,

$W = Fd\ \cos\theta$

$= 6 \times 2 \times \cos 60^0$

$= 6 \times 2 \times (½)$

$= 6J$

ଉଦାହରଣ 6.3 :

ତଳ ମହଲାରୁ ପ୍ରଥମ ମହଲାକୁ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି 5 କେଜି ଆଳୁ 4 ମିଟର ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠାଇଲା । ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ଯେହେତୁ ଆଳୁକୁ ଉଠାଯାଉଛି, ମାଧ୍ୟକର୍ଷଣ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହେଉଛି । ତେଣୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

ବଳ = mg

$= 5kg \times 9.8\ ms^{-2}$

$= 49N$

ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ = $49 \times 4\ (Nm)$

$= 196J$

6.1.1 ପଜିଟିଭ୍ ଏବଂ ନେଗେଟିଭ୍ କାର୍ଯ୍ୟ

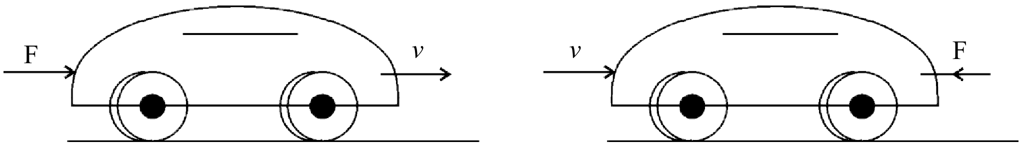
ତୁମେ ଦେଖିଛ, ସମୀକରଣ (6.1) ରେ କାର୍ଯ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ଦିଆଯାଇଛି । ଏଠାରେ ବଳ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣ θ ର ଗୁରୁତ୍ୱ ଅଛି । ବାସ୍ତବରେ, ଏଇଥିରୁ ଆମେ ଜାଣିବା କାର୍ଯ୍ୟ କେଉଁ ପରିସ୍ଥିତିରେ 'ପଜିଟଭ୍' ବା 'ନେଗେଟିଭ୍' ପରିମାଣ ହୁଏ । ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ଉଦାହରଣମାନ ଦେଖ :

ଚିତ୍ର 6.2(a) ରେ ଦେଖିବ ଗୋଟିଏ କାର୍ +x ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି ଏବଂ ଏକ ବଳ F ସେହି ଦିଗରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଛି । କାର୍‌ର ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି । ବଳ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ଉଭୟ ସମାନ ଦିଗରେ ଅଛନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ $\theta = 0^0$ । ତେଣୁ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି

$$W = Fd \cos 0^0$$

$$= Fd$$

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଜିଟିଭ୍ ।



(a) (b)

ଚିତ୍ର 6.2 ରେ ଗୋଟିଏ କାର୍ ଭୂସମାନ୍ତର ରାସ୍ତାରେ ଯାଉଛି । (a) ଗତିଶୀଳ କାର୍‌ର ଗତିର ଦିଗରେ ଏକ ବଳ F ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଛି । ଏହା ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେଉଛି । (b) ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ବଳ F ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ କାର୍ କିଛି ଦୂର ପରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆସୁଛି ।

ଚିତ୍ର 6.2 (b) ରେ ସେହି କାର୍ +x ଦିଗରେ ଯାଉଥିବା ଦେଖାଯାଉଛି, କିନ୍ତୁ କାର୍‌କୁ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବାକୁ ବଳ F ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ, କୋଣ $\theta = 180^0$ । ତେଣୁ

$$W = Fd \cos 180^0$$

$$= -Fd \qquad (6.5)$$

ତେଣୁ, ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ନେଗେଟିଭ୍ । ପ୍ରକୃତରେ, θ ର ମୂଲ୍ୟ 90^0 ଏବଂ 270^0 ମଧ୍ୟରେ ରହିଲେ ଏକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ନେଗେଟିଭ୍ ହୁଏ । ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ଉଦାହରଣମାନଙ୍କରୁ, ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କରୁ ଯେ

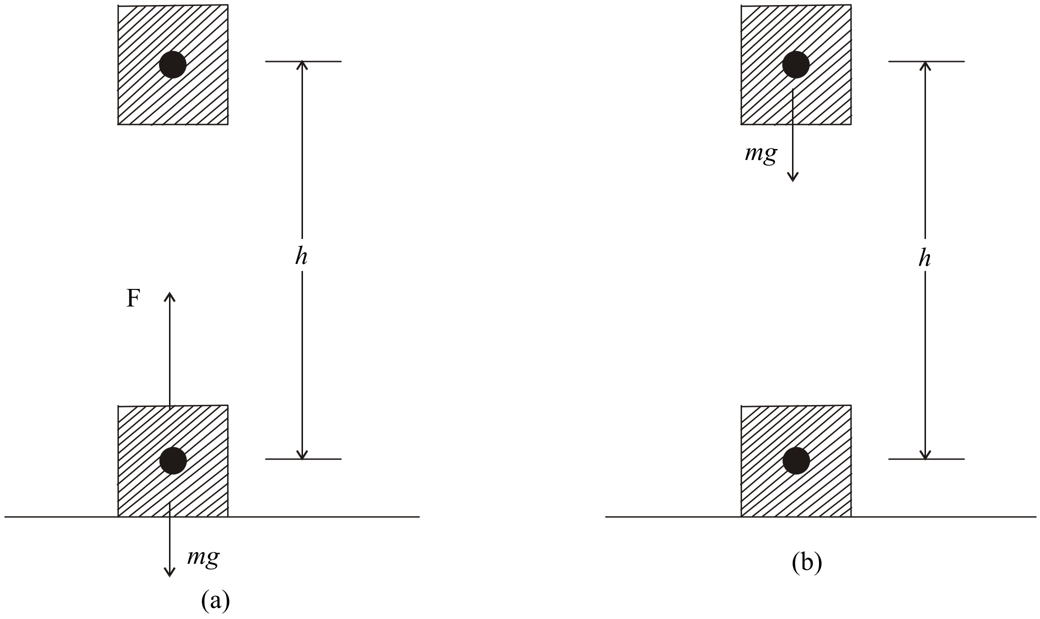
(a) ଆମେ କାର୍‌ର ଆକ୍ସିଲରେଟ୍‌ରକୁ ଚାପିଲାବେଳେ କାର୍‌ଟି ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗରେ, ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଫଳରେ, କାର୍‌ର ବେଗ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଜିଟିଭ୍ ହୁଏ ।

(b) ଆମେ କାର୍‌ରେ ବ୍ରେକ୍ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ, ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥାଏ । କାର୍‌ର ବେଗ କମେ ଏବଂ ପରିଶେଷରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିପାରେ । ଏଠାରେ ନେଗେଟିଭ୍ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହେଉଛି ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

(c) ଯଦି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ରହନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ $\theta = 90^0$, ତେବେ ଆଦୌ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ହୁଏ ନାହିଁ ।

6.1.2 ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ

ଚିତ୍ର 6.3 (a) ରେ *m* ବସ୍ତୁଟ୍‌ଟି *h* ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଯିବା ଦେଖାଯାଉଛି ଏବଂ ଚିତ୍ର 6.3(b) ରେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଏହା *h* ଦୂରତାରୁ ତଳକୁ ଖସୁଛି । ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର ଓଜନ *mg* । ତୁମେ ପୂର୍ବ ପାଠରୁ ମନେ



ଚିତ୍ର 6.3 : (a) ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବିରୁଦ୍ଧରେ ବସ୍ତୁକୁ ଉଠାଯାଉଛି । (b) ପୃଥିବୀ ଆଡ଼କୁ ତଳକୁ ନିଆଯାଉଛି ।

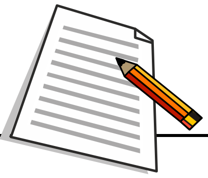
ପକାଇ ପାରିବ ଯେ ଓଜନ ହେଉଛି ଏକ ବଳ । ଚିତ୍ର 6.3 (a) ରେ ବଳ mg (ନିମ୍ନମୁଖୀ)ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସାପାଦନ ହୁଏ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ($\theta = 180^0$) । ତେଣୁ,

$$W = Fd\cos\theta$$
$$= Fd\cos 180^0$$
$$= -mgh$$

ଚିତ୍ର 6.3(b)ରେ ବସ୍ତୁଟି ତଳକୁ ଯାଉଛି । ବଳ *mg* ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ଉଭୟ ସମାନ ଦିଗରେ ($\theta = 0^0$) ରହୁଛି । ତେଣୁ, ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ

$$W = Fd\cos 0^0$$
$$= +mgh \qquad (6.6\ (b))$$

ଉପରେ ମିଳିଥିବା ଫଳକୁ ବୁଝିବା ନିମିତ୍ତ ତୁମେ ଯଥେଷ୍ଟ ସାବଧାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ବସ୍ତୁକୁ ଉପରକୁ ଉଠାଇଲାବେଳେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ନେଗେଟିଭ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁକୁ ଉଠାଇବା ପାଇଁ ବ୍ୟକ୍ତିଟି ସଂପାଦନ କରୁଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ପଜିଟିଭ । ବସ୍ତୁଟି ତଳକୁ ଖସାଗଲେ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଦ୍ୱାର ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଜିଟିଭ୍ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁକୁ ତଳକୁ ଖସାଉ ଥିବା ବ୍ୟକ୍ତିଟି ସଂପାଦିତ କରୁଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ନେଗେଟିଭ । ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଏହା ସ୍ୱୀକାର କରାଯାଉଛି ଯେ ବସ୍ତୁଟି ବିନା ତ୍ୱରଣରେ ଗତି କରୁଅଛି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 6.1

1. ଗୋଟିଏ କଣିକା ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କଲେ, କଣିକା ଉପରେ ଏକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ବଳ ଦ୍ୱାରା କଣିକା ଉପରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ହିସାବ କର ।

....

2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।
ଏକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ହୁଏ
   (a) ଶୂନ୍
   (b) ନେଗେଟିଭ୍
   (c) ପଜିଟିଭ୍

....

3. 2 କେଜି ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତା ଶସ୍ୟକୁ 5 ମି ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଯାଉଛି ।
   (a) ଉଠାଉଥିବା ବଳ ଦ୍ୱାରା କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ ?
   (b) ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ ?

....

4. ବଳ $\mathbf{F} = (2\hat{i} + 3\hat{j})$N ଯୋଗୁଁ ବିସ୍ଥାପନ $\boldsymbol{d} = (-\hat{i} + 2\hat{j})$ m ହୁଏ । ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।

....

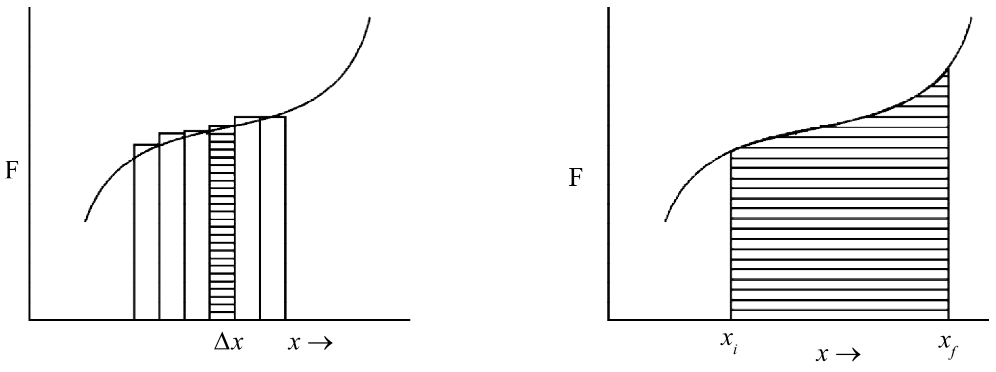
5. ବିସ୍ଥାପନ $\mathbf{d} = (3\hat{i} + 4\hat{j})$ ହେବାକୁ ଗୋଟିଏ କଣିକା ଉପରେ ବଳ $\mathbf{F} = (5\hat{i} + 3\hat{j})$ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।
   (a) ବିସ୍ଥାପନର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।
   (b) ବଳର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।
   (c) ବଳ ଦ୍ୱାରା କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ ?

....

6.2 ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆମେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଥିବା ହିଁ ପଢ଼ିଛେ । ଏହା ସବୁବେଳେ ସମ୍ଭବ ନ ହୋଇପାରେ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ, କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରୁଥିବା ବଳଟି ସମୟ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରେ । ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥାନ x ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ବଳର ପରିମାଣ F(x) ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବାର ଏକ ଉଦାହରଣ ନିଆଯାଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ହିସାବ କରାଯାଉ । ମନେ କରାଯାଉ ବିସ୍ଥାପନ ହେଉଛି ପ୍ରାଥମିକ ଅବସ୍ଥାନ x_i ରୁ ଅନ୍ତିମ ଅବସ୍ଥାନ x_f ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣକୁ ହିସାବ କରାଯାଏ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ଥାପନ Dx କୁ ନେଇ । ବାସ୍ତବରେ Dx କୁ ଏତେ କ୍ଷୁଦ୍ର ନିଆଯାଏ ଯେ ବଳ $F(x)$ କୁ ଏଭଳି ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ ପାଇଁ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ । ତେଣୁ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ଥାପନ Dx ପାଇଁ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି

$$\mathrm{D}W = F(x)\ \mathrm{D}x \qquad (6.7)$$



ଚିତ୍ର 6.4 : ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବଳ F ବସ୍ତୁକୁ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାନ x_i ରୁ ଅନ୍ତିମ ଅବସ୍ଥାନ x_f କୁ ଗତି କରାଏ । ଦୂରତ୍ୱ ସହିତ ବଳର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ବକ୍ରଲେଖ (ଯଦୃଚ୍ଛା) ଦ୍ୱାରା ଏବଂ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଛାୟିତ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସାଂଖ୍ୟିକ ସମାନ ହୋଇଥାଏ ।

$F(x)\Delta x$ ଚିତ୍ର 6.4(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା କ୍ଷୁଦ୍ର ଛାୟିତ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସମାନ । x_i ଏବଂ x_f ମଧ୍ୟରେ ଏହି ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ ସମୁଦାୟ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି ଏ ସମସ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ସମଷ୍ଟି (ସମସ୍ତ ପଟ୍ଟିର କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଯୋଗ ଫଳ) :

$$W = \Sigma \Delta W$$

$$= \Sigma\ F(x)\Delta x \qquad (6.8)$$

ପଟ୍ଟିର ପ୍ରସ୍ଥ ଯଥାସମ୍ଭବ କ୍ଷୁଦ୍ର କରାଯାଇପାରେ ଯାହାଫଳରେ କି ସମସ୍ତ ପଟ୍ଟିର କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ସମଷ୍ଟି x_i ଓ x_f କ୍ଷେତ୍ରର କ୍ଷେତ୍ରଫଳକର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । ଏଥିରୁ ମିଳିବ ବଳ ଦ୍ୱାରା x_i ଏବଂ x_f ମଧ୍ୟରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ :

$$W = \sum_{\lim \Delta x \to 0} F(x)\Delta x \qquad (6.9)$$

6.2.1 ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ :

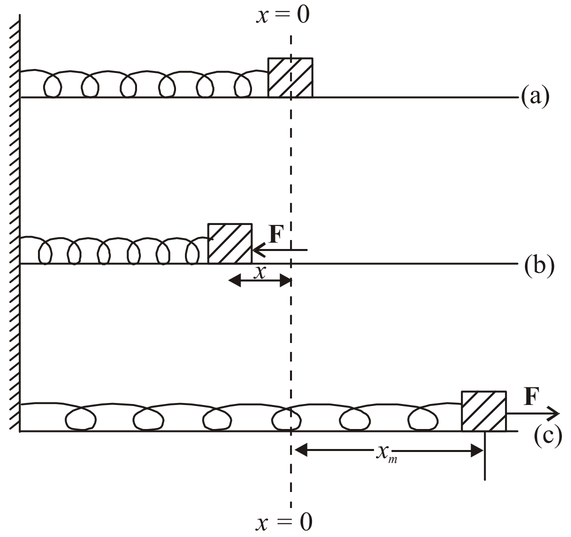
ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବଳର ଏକ ସରଳ ଉଦାହରଣ ହେଉଛି ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରାଯାଉ ।

ଏକ ପତଳା ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ଏକ ଦୃଢ଼ କାନ୍ଥରେ ଲାଗିଛି ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତଟି m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବ୍ଲକ୍ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ସଂତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଏହା ଚିତ୍ର 6.5(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସମସ୍ତ ତନ୍ତ୍ରଟି ଏକ ଚିକ୍କଣ ଭୂସମାନ୍ତର ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ରହିଛି । ଆମେ x- ଅକ୍ଷକୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ନେବା । ମନେକର, ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ରହିଛି $x = 0$ ଅବସ୍ଥାନରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ ଏକ ବାହ୍ୟ ବଳ $\boldsymbol{F}$ ଦ୍ୱାରା ସଂପୀଡ଼ିତ (କିମ୍ୱା ସଂପ୍ରସାରିତ) କରାଯାଉ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଧର୍ମଯୋଗୁଁ ଏକ ଆର୍ନ୍ତବଳ $\boldsymbol{F}_s$ ଏଥିରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ । x ର ମୂଲ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଏହି ବଳ $\boldsymbol{F}_s$ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ ଏବଂ ଶେଷରେ ସଂପୀଡ଼ନ (କିମ୍ୱା ସଂପ୍ରସାରଣ) $x = x_m$ ରେ ସର୍ବାଧିକ ହୋଇ $\boldsymbol{F}$ ସହିତ ସମାନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି ଚାଲୁ ରହିବ ।

ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ (ଯାହା ଅଳ୍ପମୂଲ୍ୟର x ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ), $|F_s| = kx$ । ଏଠାରେ k ହେଉଛି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍-ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । $\boldsymbol{F}_s$ ର ଦିଗ ସର୍ବଦା ସଂପୀଡ଼ନ (କିମ୍ୱା ସଂପ୍ରସାରଣ)ର ବିପରୀତ ହୋଇଥିବାରୁ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ।

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{F}_s = -kx \qquad (6.10)$$

ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 6.5 : ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍-ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତନ୍ତ୍ର ଯାହାର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବସ୍ତୁଟି ରହିଛି । ଏହା ଏକ ଚିକ୍କଣ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ ରହିଛି ।

(a) ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ଶିଥିଳ ଅବସ୍ଥା, ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତ ଅଛି $x = 0$ ରେ ।

(b) ବାହ୍ୟ ବଳ **F** ପ୍ରୟୋଗରେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ସଂପୀଡ଼ିତ ହୋଇଛି ।

(c) ବାହ୍ୟବଳ **F** ଦ୍ୱାରା ଟଣାଯାଇଛି ବା ସଂପ୍ରସାରିତ ହୋଇବ ସର୍ବାଧିକ ସଂପୀଡ଼ନ ବା ସଂପ୍ରସାରଣ ହେଉଛି x_m

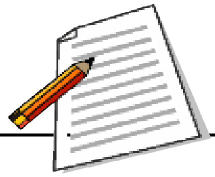
ବର୍ତ୍ତମାନ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହିସାବ କରାଯାଉ ଏବଂ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉ, ତାହା ପଜିଟିଭ୍ କି ନେଗେଟିଭ୍ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସଂପୀଡ଼ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ବାହ୍ୟ ବଳ F ବାମମୁଖୀ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ x ମଧ୍ୟ ବାମ ଆଡ଼କୁ ହୁଏ । ତେଣୁ ବାହ୍ୟବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଜିଟିଭ । କିନ୍ତୁ ସେହି ବିସ୍ଥାପନ ଯୋଗୁଁ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ପ୍ରତ୍ୟାନୟନ ବଳ ଦକ୍ଷିଣମୁଖୀ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ F ଓ x ପରସ୍ପରର ବିପରୀତ ଦିଗକୁ ହେବ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ନେଗେଟିଭ ହେବ । ତୁମେ ନିଜେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସଂପ୍ରସାରଣ ପରୀକ୍ଷା କରିପାରିବ ଏବଂ ସମାନ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିବ: **ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଜଟିଭ୍ କିନ୍ତୁ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ନେଗେଟିଭ୍ ଏବଂ ଏହାର ପରିମାଣ ହେଉଛି** $(½)\, kx_m^2$ **।**

ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରିବାକୁ ଏକ ସରଳ ହିସାବ କରାଯାଇପାରେ । $x = 0$ ରେ, ବଳ $F_s = 0$ । x ର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ, ବଳ F_s ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ $x = x_m$ ହେଲେ F ସହିତ ସମାନ ହୁଏ । ବିସ୍ଥାପନ ସହିତ ବଳର ପରିବର୍ତ୍ତନ ରୈଖିକ ହୋଇଥିବାରୁ, ସଂପୀଡ଼ନ (କିମ୍ବା ସଂପ୍ରସାରଣ) ସମୟରେ ବଳର ମାଧ୍ୟମୂଲ୍ୟକୁ $\left(\frac{0 + \mathbf{F}_s}{2}\right) = \frac{\mathbf{F}_s}{2}$ ନିଆଯାଇପାରେ । ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି

$W =$ ବଳ . ବିସ୍ଥାପନ

$$= \frac{\mathbf{F}_s}{2} \cdot x$$

କିନ୍ତୁ $|\mathbf{F}_s| = k\,|x_m|$



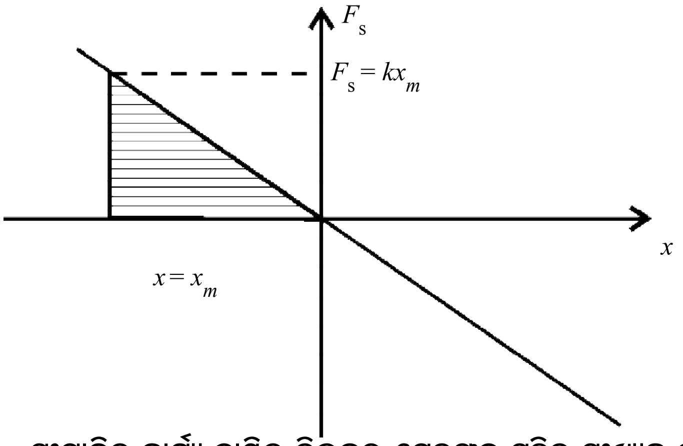
ଟିପ୍ପଣୀ

ତେଣୁ,

$$W = \tfrac{1}{2} kx_m^{\ 2} \times x_m$$

$$= \tfrac{1}{2} kx_m^{\ 2} \qquad (6.11)$$

ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜାଣି ହେବ । ଏହା ଚିତ୍ର 6.6 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



ଚିତ୍ର 6.6 : ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ଛାୟିତ ତ୍ରିଭୁଜର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସଂଖ୍ୟକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ସମାନ

ଛାୟିତ ତ୍ରିଭୁଜର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ;

$$= \frac{1}{2} \text{ ଭୂମି} \times \text{ଉଚ୍ଚତା}$$

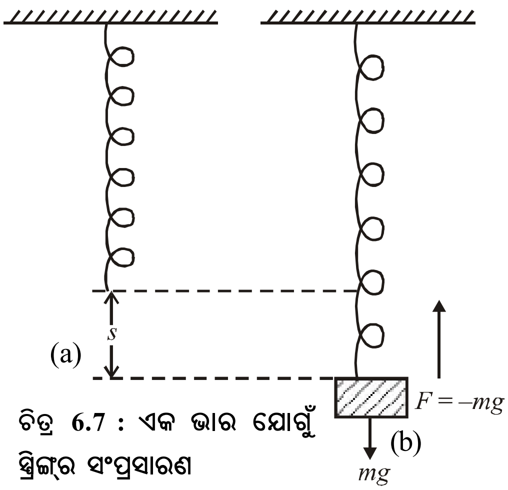
$$W = \frac{1}{2} x_m \times kx_m$$

$$= \frac{1}{2} kx_m^{\ 2} \qquad (6.12)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ବିଶ୍ଳେଷଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ମୂଲ୍ୟ ମଧ୍ୟ ମିଳୁଛି ।

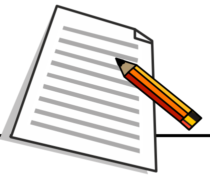
ତୁମ ପାଇଁ କାମ 6.1

ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ମାପନ



ଚିତ୍ର 6.7 : ଏକ ଭାର ଯୋଗୁଁ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସଂପ୍ରସାରଣ

ଚିତ୍ର 6.7(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବେ ଝୁଲାଅ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ତଳ ମୁଣ୍ଡରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବ୍ଲକ୍‌ଟିଏ ଝୁଲାଅ । ଏହା କରିବା ଫଳରେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ କିଛି ଦୂର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ । ପ୍ରସାରଣକୁ ମାପ । ଚିତ୍ର 6.7(b) ରେ ଦର୍ଶାହେଲାଭଳି ମନେକର ଏହା s ହେଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିନ୍ତାକର, ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ କାହିଁକି ଆଉ ଅଧିକ ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ ନାହିଁ ? ଏହାର କାରଣ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବଳ (ପ୍ରତ୍ୟାନୟନ ବଳ) ସନ୍ତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ଓଜନ mg କୁ ସମତୁଲ କରେ । ସମୀକରଣ $F_s = ks$ ରେ ମୂଲ୍ୟମାନ ଦେଇ ତୁମେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହିସାବ କରି ପାରିବ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହି ସମୀକରଣରୁ ମିଳିବ,

$$mg = ks$$

ତେଣୁ, $$k = \frac{mg}{s} \qquad (6.13)$$

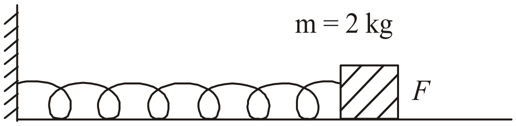
ଉଦାହରଣ 6.4 : ବଳ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ $k = 100\text{Nm}^{-1}$ ଥିବା ଏକ ଉଶ୍ୱାସ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ସହିତ ଏକ 2 kg ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ 10 ସେ.ମି. ପ୍ରସାରିତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ଏକ ବାହ୍ୟ ବଳର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ :

$$W = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times (0.1)^2$$

$$= 50 \times 0.01 = 0.5\ \text{J}.$$



ଚିତ୍ର 6.8 : ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ 2 kgର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି ।

ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଛି, ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ମୂଲ୍ୟ ହେବ = –0.5J]

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 6.2

1. ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । ଏହାର SI ଏକକ ଦିଅ ।

....

2. 10N ଏକ ବଳ ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ 1 ସେ.ମି. ପ୍ରସାରିତ କରେ । ଏହି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ 5 ସେ.ମି. ପ୍ରସାରିତ କରିବାକୁ କେତେ ପରିମାଣର ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ? ଏହି ବଳ ଦ୍ୱାରା କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହେବ ?

....

6.3 ସାମର୍ଥ୍ୟ

ଗୋଟିଏ ବଳଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ହିସାବ କରିବା ଉପାୟ ତୁମେ ଜାଣି ସାରିଲଣି । ସେହି ସମସ୍ତ ହିସାବରେ, ଆମେ କାର୍ଯ୍ୟଟିକୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କରିଛୁ କି ଏକ ଘଣ୍ଟାରେ କରିଛୁ, ତାହା ବିଚାର କରି ନାହୁଁ । ଅବଶ୍ୟ ଆମର ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟର ଗୁରୁତ୍ୱ ଅଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଗୋଟିଏ ଟ୍ରକ୍‌ରେ ସିମେଣ୍ଟ୍ ବୋଝାଇ କରିବାକୁ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି କେତେ ଘଣ୍ଟା ନେଇ ପାରେ, ଅଥଚ ଏକ ମେସିନ୍ ତାହା ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ ସମୟରେ କରିପାରେ । ତେଣୁ କେଉଁ ହାରରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ, ତାହା ଜାଣିବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । **କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନର ହାରକୁ ସାମର୍ଥ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।**

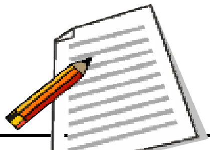
ଯଦି DW କାର୍ଯ୍ୟ Dt ସମୟରେ ସଂପାଦିତ ହୁଏ, ତେବେ ମାଧ୍ୟ ସାମର୍ଥ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି,

ମାଧ୍ୟ ସାମର୍ଥ୍ୟ = $\dfrac{\text{ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ}}{\text{ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ}}$

ଗାଣିତିକ ସଂଜ୍ଞାରେ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \qquad (6.14)$$

କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ହାର ସ୍ଥିର ନ ଥିଲେ, ଏହି ହାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରେ । ଏ ଭଳି କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଆମେ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ସାମର୍ଥ୍ୟର, P ର ସଂଜ୍ଞା ଦେଇ ପାରିବା,



ଟିପ୍ପଣୀ

$$P = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta W}{\Delta t}\right) = \frac{dW}{dt} \qquad (6.15)$$

ସାମର୍ଥ୍ୟର ସଂଜ୍ଞା ଆମକୁ ସାମର୍ଥ୍ୟର SI ଏକକ ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ :

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

= Joule / second = watt .

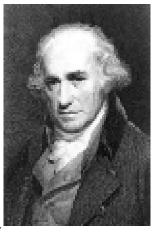
ତେଣୁ, ସାମର୍ଥ୍ୟର SI ଏକକ ହେଉଛି ଓ୍ୱାଟ୍ । ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଭାବେ ଏହା W ଲେଖାଯାଏ ।

ଯଦି କାହା ଦ୍ୱାରା ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ଜୁଲ୍ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ, ତେବେ ତାହାର ସାମର୍ଥ୍ୟ 1W କୁହାଯାଏ । ସାମର୍ଥ୍ୟର ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହୃତ ଏକକ ହେଉଛି କିଲୋଓ୍ୱାଟ୍ (kW) ଏବଂ ମେଗାଓ୍ୱାଟ୍ (MW) ।

$1kw = 10^3W$ ଏବଂ $1MW = 10^6W$

ଜେମସ୍ ଓ୍ୱାଟ୍

(1736 - 1819)



ସ୍କଟ୍‌ଲ୍ୟାଣ୍ଡର ଉଦ୍ଭାବକ ଏବଂ ମେକାନିକାଲ୍ ଇଂଜିନିୟର, ଜେମସ୍ ଓ୍ୱାଟ୍ ବାଷ୍ପୀୟ ଇଂଜିନ୍‌ର ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି କରିବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସିଦ୍ଧ । ଏହା ଶିଳ୍ପ ବିପ୍ଳବ ପାଇଁ ବାଟ ଖୋଲିଦେଲା । ସେ ସାମର୍ଥ୍ୟର ୟୁନିଟ୍ ଭାବେ ଅଶ୍ୱ-ଶକ୍ତିର ପ୍ରୟୋଗ ଆରମ୍ଭ କଲେ । ସାମର୍ଥ୍ୟର SI ୟୁନିଟ୍‌କୁ ତାଙ୍କ ସମ୍ମାନରେ ଓ୍ୱାଟ୍ କୁହାଯାଏ । ଜେମସ୍ ଓ୍ୱାଟ୍‌ଙ୍କର କେତେଟି ମୁଖ୍ୟ ଉଦ୍ଭାବନ ହେଉଛି; ବାଷ୍ପୀୟ ରେଳ ଇଂଜିନ୍ ଏବଂ ଦୂରତା ମାପିବାକୁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ଯୋଗ ହେଉଥିବା ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ।

ଉଦାହରଣ 6.5 : : ସାମର୍ଥ୍ୟର ବିମିତିମାନ ନିରୂପଣ କର ।

ସମାଧାନ :

ଯେହେତୁ $P = \frac{\text{କାର୍ଯ୍ୟ}}{\text{ସମୟ}}$

$= \text{ବଳ} \times \frac{\text{ଦୂରତା}}{\text{ସମୟ}}$

P ର ବିମିତି = [ବସ୍ତୁତ୍ୱ] × [ତ୍ୱରଣ] × [$\frac{\text{ଦୂରତା}}{\text{ସମୟ}}$]

$$= [M] \times \left[\frac{L}{T^2}\right] \times \left[\frac{L}{T}\right]$$

$$= [ML^2T^{-3}]$$

ଇଲେକ୍ଟ୍ରିସିଆନ୍ କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ରର ସାମର୍ଥ୍ୟ ସଂପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କଲାବେଳେ ତୁମ୍ଭେମାନେ ହର୍ସ-ପାଓ୍ୱାର୍ ବିଷୟ ଶୁଣିଥିବ । ପାଓ୍ୱାର୍‌ର ଏହି ଇଉନିଟ୍ ବ୍ରିଟିଶ ସିଷ୍ଟମ୍ ଦ୍ୱାରା ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହେଉଥିଲା । ଏହା ଏକ ବଡ଼ ୟୁନିଟ୍ ।

$$1hp = 746W \qquad (6.16)$$

ସାମର୍ଥ୍ୟର ଏକକଟି ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ କାର୍ଯ୍ୟ (ଶକ୍ତି)ର ଏକ ନୂତନ ଇଉନିଟ୍‌ର ସଂଜ୍ଞା ମିଳିବାରେ । କାର୍ଯ୍ୟର ଏଭଳି ଏକ ଇଉନିଟ୍ ହେଉଛି **କିଲୋଓ୍ୱାଟ୍ ଘଣ୍ଟା** । ଏହି ଇଉନିଟ୍‌ମାନ ସାଧାରଣତଃ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପନରେ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ ।

1 କିଲୋଓ୍ୱାଟ୍ ଘଣ୍ଟା (kWh) = (kW . ଘଣ୍ଟା)

$= 10^3$W ଘଣ୍ଟା

$$= \frac{10^3 \text{ J}}{1\text{s}} \times 3600 \text{ s}$$

$= 36,00,000 \text{ J} = 36 \times 10^6 \text{J}$

1 kWh = 3.6 MJ (mega joules) (6.17)

ଆମ ଘରେ ବ୍ୟବହୃତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି କିଲୋଓ୍ୱାଟ୍-ଘଣ୍ଟାରେ ମାପନ କରାଯାଏ । ସାଧାରଣ ଲୋକ ଭାଷାରେ;

1 kWh = 1 ଇଉନିଟ୍

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 6.3

1. 100 କେଜିର ଏକ ବସ୍ତୁ 10 ସେକେଣ୍ଡରେ 8m ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଗଲା । ଉଠାଉଥିବା ବ୍ୟକ୍ତିର ସାମର୍ଥ୍ୟ ହିସାବ କର ।

....

2. 10 ହର୍ସ ପାଓ୍ୱାର୍‌କୁ କିଲୋଓ୍ୱାଟ୍‌ରେ ପରିଣତ କର ।

....

6.5 କାର୍ଯ୍ୟ ଓ ଗତିଜ ଶକ୍ତି

ତୁମେ ଜାଣିଛ, କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାର କ୍ଷମତାକୁ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ଯଦି ଏକ ତନ୍ତ୍ର (ବସ୍ତୁ) ର ଶକ୍ତି ଅଛି, ତେବେ ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାର କ୍ଷମତା ଅଛି । ରାସ୍ତାରେ ଚାଲୁଥିବା ମଟର ଗାଡ଼ି ଜାଳେଣିର ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି (CNG, ପେଟ୍ରୋଲ୍, ଡିଜେଲ୍) ବ୍ୟବହାର କରେ । ଏହାର ଯାତ୍ରା ପଥରେ ଯଦି କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଆସିଯାଏ, ତେବେ କିଛି ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତା'କୁ ଠେଲି ଦେଇ ପାରିବ । ଏହିପରି ଏହା ଏକ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ଶକ୍ତି ଅଛି କାରଣ ସେମାନେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିବା ପୂର୍ବରୁ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରି ପାରିବେ । ଏହି ପ୍ରକାର ଶକ୍ତିକୁ ଆମେ **ଗତିଜ ଶକ୍ତି** କହୁ । ବସ୍ତୁର ଗତି ଯୋଗୁଁ ଥିବା ଶକ୍ତିକୁ ଗତିଜ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ ।

F ପରିମାଣର ଏକ ବଳ ଗତିର ଦିଗରେ ପ୍ରୟୋଗ ଯୋଗୁଁ ସରଳ ରେଖାରେ ଗତି କରୁଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବସ୍ତୁ କଥା ବିଚାର କରାଯାଉ । ଏକ ବଳ ଯୋଗୁଁ ସମତ୍ୱରଣ a ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତେଣୁ $F = ma$ । ମନେକର t_1 ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ବେଗ υ_1 । ଅନ୍ୟ ଏକ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ସମୟ t_2 ରେ ବେଗ υ_2 ହୁଏ । ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ $t = (t_2 - t_1)$ ବସ୍ତୁଟି s ଦୂରତ୍ୱ ଅତିକ୍ରମ କରେ ।

ଗତିର ନିୟମମାନ ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$\upsilon_2^2 = \upsilon_1^2 + 2as$$

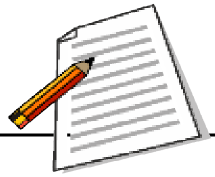
$$a = \frac{\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2}{2s}$$

ଏହି ଫଳକୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତିର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$F = m \times \frac{\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2}{2s}$$

ଆମେ ଜାଣିଛୁ, ବଳଦ୍ୱାର ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି,

$$W = Fs$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ତେଣୁ, $W = m \times \frac{\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2}{2s}\ s$

$= \frac{1}{2} m u_2^{\,2} - \frac{1}{2} m u_1^{\,2}$

$= K_2 - K_1$ (6.19)

ଏଠାରେ $K_2 = \frac{1}{2} m u_2^{\,2}$ ଏବଂ $K_1 = \frac{1}{2} m u_1^{\,2}$ ଯଥାକ୍ରମେ

ଅନ୍ତିମ ଏବଂ ପ୍ରାରମ୍ଭ ଶକ୍ତିକୁ ସୂଚାଉଛି ।

$(K_2 - K_1)$ ସୂଚାଉଛି ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ, ଯାହାକି ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସମାନ । ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଏକ ସ୍କାଲାର୍ ରାଶି । ଏହା ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ବେଗର ବର୍ଗର ଗୁଣଫଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଦୁହିଁଙ୍କ (m ଓ u) ମଧ୍ୟରୁ କିଏ ବଡ଼ ବା କିଏ ସାନ, ସେଥିର କିଛି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ନାହିଁ । ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେବଳ $\frac{1}{2} m u^2$ ସମଗ୍ର ମୂଲ୍ୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଉଦାହରଣ 6.6 : 10 କେଜି ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁ ପ୍ରଥମେ 40 ms^{-1} ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ବସ୍ତୁ ଉପରେ 2 ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ଏକ ବଳ 30N ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଛି ।

i) 2 ସେକେଣ୍ଡ୍ ପରେ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ବେଗ କେତେ ?

ii) ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ହୋଇଛି ?

iii) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେତେ ?

iv) ଅନ୍ତିମ ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେତେ ?

v) ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଅତିକ୍ରମ କରିଥିବା ଦୂରତ୍ୱ କେତେ ?

vi) ଦର୍ଶାଅ ଯେ, ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସମାନ ।

ସମାଧାନ :

i) ବଳ $(F) = ma$

$a = F/m$

$= 30/10$

$= 3\ ms^{-2}$

ଅନ୍ତିମ ବେଗ $u_2 = u_1 + at$

$= 4 + (3 \times 2) = 10\ ms^{-1}$

ii) 2 ସେକେଣ୍ଡର ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତ୍ୱ,

$s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$= (4 \times 2) + \frac{1}{2}(3 \times 4)$

$= 8 + 6 = 14m$

ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ $W = F \times s$

$= 30 \times 14 = 420J$

ଟିପ୍ପଣୀ

iii) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଗତିଜ ଶକ୍ତି

$$K_1 = \frac{1}{2} mu_1^2$$

$$= \frac{1}{2}(10 \times 16) = 80 \text{ J}$$

iv) ଅନ୍ତିମ ଗତିଜ ଶକ୍ତି

$$K_2 = \frac{1}{2} mu_2^2 = \frac{1}{2}(10 \times 100) = 500\text{J}$$

v) ଉପର ହିସାବ ଅନୁସାରେ ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତ୍ୱ = 14m

vi) ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ

$$K_2 - K_1 = (500 - 80) = 420 \text{ J}$$

ଲକ୍ଷ୍ୟକର, ଏହା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ।

କାର୍ଯ୍ୟ - ଶକ୍ତି ଉପପାଦ୍ୟ

କାର୍ଯ୍ୟ-ଶକ୍ତି ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁସାରେ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସମସ୍ତ ବଳମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସମାନ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 6.4

1. ଏକ କଣିକା ପକ୍ଷରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ନେଗେଟିଭ ମୂଲ୍ୟ ରହିବା ସମ୍ଭବ କି ? କାହିଁକି ?

   ....

2. ଏକ କଣିକାର ଗତିଜ ଶକ୍ତିର କ'ଣ ହୁଏ ଯଦି

   (a) କଣିକାର ବେଗ u ରୁ 2u ହୁଏ ?

   (b) କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ *m* ରୁ *m*/2 ହୁଏ ?

   ....

3. 3.6 J ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଥିବା ଏକ କଣିକାର 180Nm^{-1} ବଳ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଥିବା ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ସହିତ ସଂଘାତ ହୁଏ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସର୍ବାଧିକ ସଂପୀଡ଼ନ ହିସାବ କର ।

   ....

4. 1000 କେଜି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କାର୍ 90 km h^{-1} ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ବ୍ରେକ୍ ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲା ଏବଂ ବ୍ରେକ୍ ପ୍ରୟୋଗ ସ୍ଥଳରୁ 15m ଦୂରତାରେ କାର୍ ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା । ବ୍ରେକ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ମାଧ ବଳ କେତେ ? ବ୍ରେକ୍ ପ୍ରୟୋଗ ପରେ ଯଦି କାର୍ 25 s ପରେ ସ୍ଥିର ହୁଏ, ତେବେ ବ୍ରେକ୍‌ର ମାଧ ସାମର୍ଥ୍ୟ ହିସାବ କର ।

   ....

5. ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ ସଂପୀଡ଼ନ କରିବାକୁ ଏକ ବାହ୍ୟ ବଳ ଯଦି 375 J କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରେ, ତେବେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ଟି କେତେ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରେ ?

   ....

6.6 ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

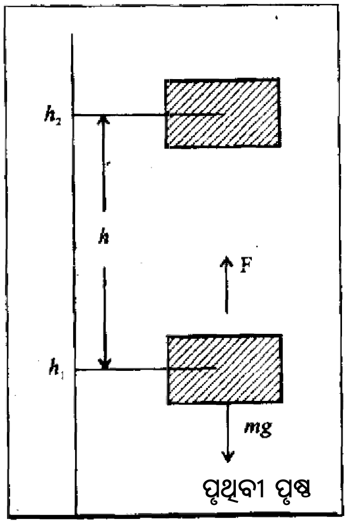
ଏକ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ସହିତ ଗତିଜଶକ୍ତି ସଂପୃକ୍ତ ରହିବା ବିଷୟ ଆମେ ପୂର୍ବପାଠ୍ୟରେ ପଢ଼ିଛେ । ଶୂନ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥାନ ବା ଅବସ୍ଥିତି ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର ଆଉ ଏକ ପ୍ରକାର ଶକ୍ତି ଥାଏ । ଏହି **ଶକ୍ତିକୁ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି** କୁହାଯାଏ । **ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଯୋଗୁଁ ଏକ ବସ୍ତୁର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି** ହେଉଛି ଏକ ଜଣାଶୁଣା ଉଦାହରଣ ।

6.6.1 ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

ମନେକର, ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ h_1 ଉଚ୍ଚତାରୁ h_2 ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଉଛି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆମେ ଧରିନେବା ଯେ ପୃଥିବୀର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ଜନିତ ତ୍ୱରଣ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବସ୍ତୁଟିକୁ $h = (h_2 - h_1)$ ଦୂରତା ବିସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଛି । ଏହି ବଳର ପରିମାଣ ହେଉଛି mg ଏବଂ ଏହା ନିମ୍ନମୁଖୀ । ତେଣୁ, ବ୍ୟକ୍ତି ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ

$W =$ ବଳ × ଦୂରତା

$= mgh$



ଚିତ୍ର 6.9 : m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ h_1 ଉଚ୍ଚତାରୁ h_2 ଉଚ୍ଚତାକୁ ନିଆଯାଏ

ଏଠାରେ କାର୍ଯ୍ୟ ପଜିଟିଭ୍ ଏବଂ m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବସ୍ତୁରେ ଶକ୍ତି ରୂପରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇଛି । ଶୂନ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତି ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ଏହି ଶକ୍ତିକୁ **ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି** କୁହାଯାଏ । ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରିବାର କ୍ଷମତା ଅଛି । ଏହି ବସ୍ତୁକୁ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ଛାଡ଼ି ଦେଲେ, ଏହା ତଳକୁ ପଡ଼ିଯିବ ଏବଂ ପଡ଼ିବା ସମୟରେ ଏହା ଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରାଯାଇପାରିବ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଯଦି ଏକ ପୁଲି ଉପର ଦେଇ ଏକ ତନ୍ତୁ ସହିତ ଏହାକୁ ଉପଯୁକ୍ତ ଭାବେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହା ଆଉ ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ଉପରକୁ ଉଠାଇ ପାରିବ ।

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଉଚ୍ଚତା h_1 ବାଛିବା ଯାଦୃଚ୍ଛିକ । ପ୍ରଧାନ କଥା ହେଉଛି ଉଚ୍ଚତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅର୍ଥାତ $(h_2 - h_1)$ । ତେଣୁ, ଆମେ କହୁଁ ଯେ **ଶୂନ୍ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି** ଥିବା ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟ ଯାଦୃଚ୍ଛିକ । ସାଧାଣତଃ, ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠର ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଶୂନ୍ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଥିବା ତୁଳନା ବିନ୍ଦୁ ଭାବେ ନିଆଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ 6.7 : ଗୋଟିଏ ଟ୍ରକ୍‌ରେ ଚିନି ବସ୍ତା ବୋଝେଇ ହୋଇଛି । ଟ୍ରକ୍ ଓ ବୋଝ ସମସ୍ତଙ୍କର ମିଳିତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 100,000 କେଜି । ଟ୍ରକ୍‌ଟି ଏକ ଘୂରାଣି ରାସ୍ତାରେ ପାହାଡ଼ ଉପରକୁ 700 ମିଟର ଉଚ୍ଚତା ଉଠିବାକୁ 1 ଘଣ୍ଟା ନିଏ । ଏହି ବୋଝକୁ ଉଠାଇବାକୁ ଇଂଜିନ୍‌କୁ କେତେ ମାଧ୍ୟ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବାକୁ ହେବ ?

ସମାଧାନ : $W = mgh$

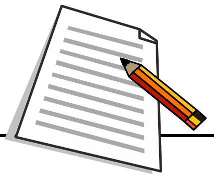
$= (100{,}000 \text{ kg}) \times (9.8 \text{ ms}^{-2} \times 700\text{m})$

$= 9.8 \times 7 \times 10^7 \text{ J}$

$= 68.6 \times 10^7 \text{ J}$

ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ $= 1$ ଘଣ୍ଟା $= 60 \times 60$ s

$= 3600$ s



ଟିପ୍ପଣୀ

ମାଧ୍ୟ ସାମର୍ଥ୍ୟ, $P = \frac{W}{t}$

$= \frac{68.6 \times 10^7 \text{J}}{3600\text{s}}$

$= 1.91 \times 10^5$ W

ଆମେ ଜାଣିଛ, 746 W = 1 hp

$P = \frac{1.91 \times 10^5}{746} = 2.56 \times 10^2 = 256$ hp

ଉଦାହାରଣ 6.8 :

ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନରେ ଉଚ୍ଚରୁ ତଳକୁ ପଡୁଥିବା ଜଳକୁ ଶକ୍ତିର ଉତ୍ସଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ଜଳ ଟର୍‌ବାଇନ୍‌ର ବ୍ଲେଡ୍‌କୁ ଘୂରାଏ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରେ । ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ 1000 × 10^3 kg ଜଳ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 51 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରୁ ପଡୁଛି ।

(i) ପଡୁଥିବା ଜଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।

(ii) ଆଦର୍ଶ ଅବସ୍ଥାରେ କେତେ ପରିମାଣର ସାମର୍ଥ୍ୟ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇ ପାରିବ ?

ସମାଧାନ :

(i) ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ଥାନରେ ଜଳର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି = mgh

$P.E. = (100 \times 10^3 \text{kg}) \times (9.8\text{ms}^{-5}) \times (51\text{m})$

$= 9.8 \times 51 \times 10^6$J

$= 500 \times 10^6$J

= 500 MJ

ଜଳର ସମୁଦାୟ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ । ତାହା ଟରବାଇନ୍‌ର ବ୍ଲେଡ୍‌କୁ ଘୂରାଇବା ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ ।

ତେଣୁ W = ବଳ × ଦୂରତା

$= mg \times h$

$= 1000 \times 10^3 \times (9.8) \times 51$J

$= 500 \times 10^6$ J

= 500 MJ

(ii) ଏକ ସେକେଣ୍ଡର ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ

$P = \frac{W}{t}$

$= \frac{500 \text{MJ}}{1\text{s}}$

= 500 MW

ଆଦର୍ଶ ଅବସ୍ଥାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି ଘର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ, ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯନ୍ତ୍ରମାନଙ୍କରେ ସର୍ବଦା କିଛି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ । ଏପରି ଭଳି ଶକ୍ତି ଅପଚୟକୁ କମାଯାଇପାରିବ କିନ୍ତୁ କେବେ ହେଲେ ବନ୍ଦ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ ।

6.6.2 ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି :

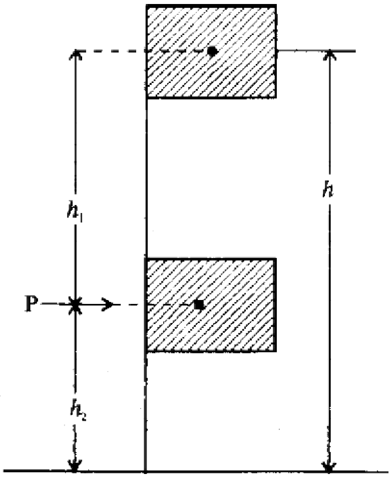
ତୁମେ ଜାଣିଛ, ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ ସଂପୀଡ଼ନ କରିବାକୁ ବା ପ୍ରସାରଣ କରିବାକୁ ହେଲେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥା ଚିତ୍ର 6.5 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ବଳ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ k ଥିବା ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ନିଆଯାଉ । ଏହି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ x ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସଂପୀଡ଼ନ କରାଯାଉ । ସମୀକରଣ (6.11) ରୁ ମନେ ପକାଅ ଯେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପୀଡ଼ନ କରବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି

$$W = \frac{1}{2} kx^2$$

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ରୂପରେ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ ମୁକ୍ତ ଭାବେ ଛାଡ଼ି ଦେଲେ, ତାହା ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସେ ଏବଂ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ ।

6.6.3 ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ

ଆମ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବିଭିନ୍ନ ରୂପରେ ଶକ୍ତି ଦେଖୁଁ କିନ୍ତୁ ଆମେ ଶକ୍ତିର କେତେକ ରୂପ ତୁଳନାରେ ଅନ୍ୟ ରୂପମାନଙ୍କ ସହିତ ଅଧିକ ପରିଚିତ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି, ତାପ ଶକ୍ତି, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ଶକ୍ତି, ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ଏବଂ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଶକ୍ତି ଇତ୍ୟାଦି । ଏହି ସମସ୍ତ ଶ୍ରେଣୀର ଶକ୍ତି ପରସ୍ପର ସହିତ ନିବିଡ଼ ଭାବରେ ସଂପୃକ୍ତ; ସେମାନେ ଗୋଟିଏ ରୂପରୁ ଅନ୍ୟ ରୂପକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇପାରିବେ । ଶକ୍ତି ସଂପର୍କରେ ଏକ ଅତ୍ୟନ୍ତ ମୌଳିକ ନିୟମ ଅଛି । ଏହାକୁ **ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ** କୁହାଯାଏ । ଏହା ଅନୁସାରେ, **"ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ତନ୍ତ୍ର** (isolated system)ର **ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ସର୍ବଦା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ।"** ଶକ୍ତିର ରୂପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରେ । ଏହା ଗୋଟିଏ ରୂପରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ରୂପକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ତନ୍ତ୍ରର ସମଗ୍ର ବା ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସଂସ୍ଥାରେ, ଯଦି ଗୋଟିଏ ରୂପରେ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ, ତେବେ ସମାନ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ଅନ୍ୟ ଏକ ରୂପରେ ଲାଭ ହୁଏ । ଅତଏବ, ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ନାହିଁ କି କ୍ଷୟ ହୁଏ ନାହିଁ । ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡ ମଧ୍ୟ ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସଂସ୍ଥା କାରଣ ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡ ବାହାରେ କିଛି ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏଥିପାଇଁ କୁହାଯାଏ ଯେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡରେ ବିଭିନ୍ନ ଧରଣର ରୂପାନ୍ତର ସଂଘଟିତ ହେଉଥିଲେ ମଧ୍ୟ ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡର ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ଏହା ଏକ ଅତି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ନିୟମ ଅଟେ । ଏହା ଯୋଗୁଁ ବିଜ୍ଞାନର ଅନେକ ନୂତନ ଆବିଷ୍କାର ହୋଇଛି ଏବଂ ଏହା ଭୁଲ୍ ବୋଲି ଦେଖିବାକୁ ମିଳି ନାହିଁ ।

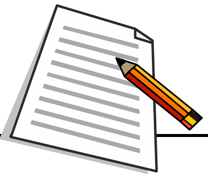


ଚିତ୍ର 6.10 : ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ h ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଗଲା । ତାପରେ ଏହା h_2 ଉଚ୍ଚତାରେ P ବିନ୍ଦୁରୁ ଖାସାଗଲା । ରେ ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି ଉଚ୍ଚତମ ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ।

ଏକ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ କୋଇଲାର ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତର ହୁଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ଯନ୍ତ୍ର ଚଳାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରମାନଙ୍କରେ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିର ରୂପାନ୍ତର ହୁଏ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିକୁ, ଆଲୋକ ଶକ୍ତିକୁ କିମ୍ବା ତାପ ଶକ୍ତିକୁ ।

ଆମେ ଚିନ୍ତାକରିବା ତୁଳନାରେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଅଧିକ ବ୍ୟାପକ । ଏହା ବିରାଟ ଉପଗ୍ରହ ଓ ତାରକା ଭଳି ତନ୍ତ୍ରରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ କଣିକା କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।

ଟିପ୍ପଣୀ



ଟିପ୍ପଣୀ

(a) ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ମୁକ୍ତ ପତନ ସମୟରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ :

ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ ପରୀକ୍ଷା କରିବା । ମନେକର, ଭୂମିରେ ଥିବା m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁ h ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଯାଇଛି । ତେବେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ mgh ଏବଂ ଏହା ବସ୍ତୁରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଭାବେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇଛି । ଏହି ବସ୍ତୁକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ମୁକ୍ତ ଭାବେ ତଳକୁ ପଡ଼ିବାକୁ ଦିଆଯାଉ । ଏହି ବସ୍ତୁ h_1 ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପଡ଼ିଲା ବେଳକୁ ବସ୍ତୁର ଶକ୍ତି ହିସାବ କରିବା । ବର୍ତ୍ତମାନ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ବସ୍ତୁର ଉଚ୍ଚତା $h_2 = h - h_1$ (ଚିତ୍ର 6.10) । ଏହି ବିନ୍ଦୁ P ରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି = mgh_2

ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁଟି ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ତଳକୁ ପଡ଼େ, ଏହା ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ ଏବଂ ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ବସ୍ତୁଟି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଅବସ୍ଥାନରୁ h_1 ଦୂରତା ପତନ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ବେଗ ହିସାବ କରି ହେବ । ଏଥିପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ସମୀକରଣ ହୁଏ ।

$$v^2 = u^2 + 2gs \qquad .... (6.21)$$

ଏଠାରେ u ହେଉଛି h_1 ଉଚ୍ଚତାରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ,

ଅର୍ଥାତ୍ $u = 0, s = h_1$ । ତେଣୁ, ଆମେ ପାଇବା

$$v^2 = 2gh_1$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହେଉଛି

$$KE = ½ mv^2$$

$$= \frac{m}{2} \times 2gh_1$$

$$= mgh_1 \qquad .... (6.22)$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ହେଉଛି

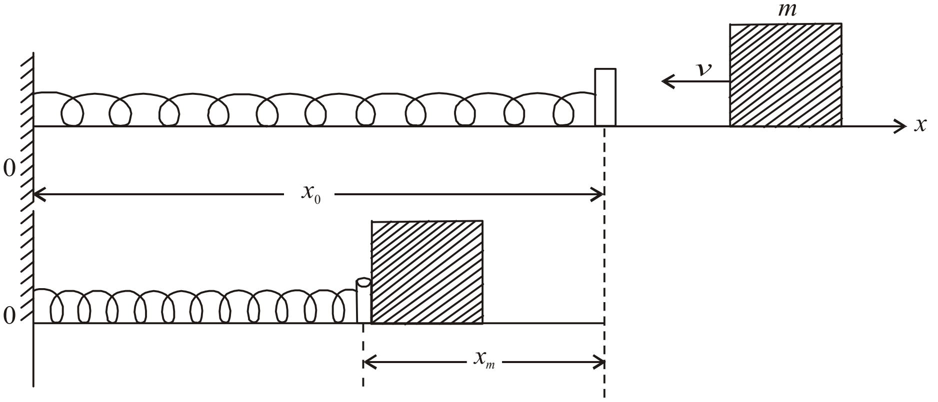
$$\text{ଗତିଜ ଶକ୍ତି} + \text{ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି} = mgh_1 + mgh_2$$

$$= mgh \qquad .... (6.23)$$

ଏହା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ । **ଅତଏବ, ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ହୋଇଛି ।**

(b) ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ଏକ ଦୋଳନରତ ବସ୍ତୁରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ।

ଚିତ୍ର 6.11 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଦୃଢ଼ କାନ୍ଥ ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତଟି ଏକ ଚିକ୍କଣ ଭୂସମାନ୍ତର ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ଥିବା ଏକ କାଠ ବ୍ଲକ୍ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ଶିଥିଳ ଅବସ୍ଥାରେ ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତଟି x_0 ରେ ଅଛି । m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ v ବେଗରେ ଗତିକରି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସଂଘାତ କରେ ଏବଂ ଏହାକୁ x_m ଦୂରତା ସଂପୀଡ଼ିତ କରେ । ଏହା ସର୍ବୋଚ୍ଚ



ଚିତ୍ର 6.11 : m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବ୍ଲକ୍ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ v ପରିବେଗରେ ଗତିକରି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ସହିତ ସଂଘାତ କରେ । ସର୍ବାଧିକ ସଂପୀଡ଼ନ ହେଉଛି x_m

ସଂପୀଡ଼ନ ଅଟେ । x_0 ରେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍-ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତନ୍ତ୍ରର ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ହେଉଛି $\frac{1}{2}mu^2$ । ଏହା ବସ୍ତୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତି । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ହେଉଛି ଶୂନ୍ । ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସଂପୀଡ଼ନ ବିନ୍ଦୁରେ, ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି $\frac{1}{2}kx_m^2$ ଏବଂ ବସ୍ତୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଶୂନ୍ ଅଟେ । ଏହାର ଅର୍ଥ ବର୍ତ୍ତମାନ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ହେଉଛି $½kx_m^2$ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ, ଏହାର ଅର୍ଥ

$½ kx_m^2 = ½ mu^2$

ତେଣୁ ଗତିଜ ଶକ୍ତି + ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି (ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ)= ଗତିଜ ଶକ୍ତି + ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି (ସଂଘାତ ପରେ)

$½ mu^2 + 0 = 0 + ½ kxm^2$

ଅର୍ଥାତ୍ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ହୋଇଛି ।

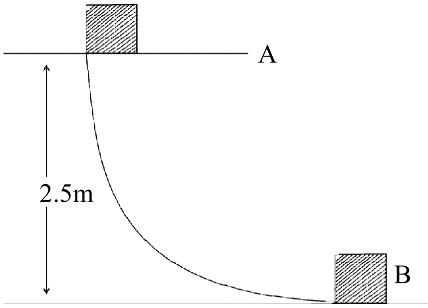
ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ-ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ

ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ଶକ୍ତି ଅନ୍ୟ ଶ୍ରେଣୀର ଶକ୍ତିମାନଙ୍କ ଠାରୁ ଭିନ୍ନ କାରଣ ଏହା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ଶକ୍ତିର ରୂପାନ୍ତରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ, ଏହା ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରରୁ ମିଳେ । ତେଣୁ, ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ, ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଏବଂ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ମିଶି ଗୋଟିଏ ନିୟମ ବସ୍ତୁତ୍ୱ-ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 6.9 :

0.5kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୋଟିଏ ବ୍ଲକ୍ ଏକ ଚିକ୍କଣ ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠରେ ତଳକୁ ଖସେ ଏବଂ 2.5m ଭୂଲମ୍ବ ଉଚ୍ଚତାରୁ ଆସି B ବିନ୍ଦୁରେ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ ପହଞ୍ଚେ (ଚିତ୍ର 6.12) । ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ହିସାବ କର । (i) A ବିନ୍ଦୁରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ଶକ୍ତି ଏବଂ (ii) B ବିନ୍ଦୁରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ବେଗ ।

ସମାଧାନ :



ଚିତ୍ର 6.12 : ଗୋଟିଏ ବ୍ଲକ୍ ଏକ ବକ୍ରପୃଷ୍ଠରେ ଖସିଖସିଯାଏ । A ରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି (କେବଳ ସ୍ଥିତିଜ) B ରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି (କେବଳ ଗତିଜ)ରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ ।

(i) A ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

$= mgh = (0.5) \times (9.8) \times 2.5J$

$= 4.9 \times 2.5J$

$= 12.25J$

A ବିନ୍ଦୁରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି = 0 ଏବଂ

ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି = 12.25J

(ii) A ବିନ୍ଦୁରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ନିଶ୍ଚୟ B ବିନ୍ଦୁରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ।

A ବିନ୍ଦୁରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି+ଗତିଜଶକ୍ତି)

= 12.25J

B ବିନ୍ଦୁରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି (ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି + ଗତିଜ ଶକ୍ତି) = $\frac{1}{2}mu^2$

ଯେହେତୁ B ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଶୂନ୍, ତେଣୁ ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି ହେଉଛି କେବଳ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ।

$$\frac{1}{2}mu^2 = 12.25$$

$$u^2 = \frac{12.25 \times 2}{0.5}$$

$$= 12.25 \times 4$$

ଟିପ୍ପଣୀ

$u^2 = 49.00$

ତେଣୁ, $u = 7.0 \text{ ms}^{-1}$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର : ଗତିର ସମୀକରଣରୁ ମଧ୍ୟ ଏହା ମିଳିପାରିବ :

$u^2 = u_0^2 + 2gx$

$= 0 + 2 \times 9.8 \times 2.5$

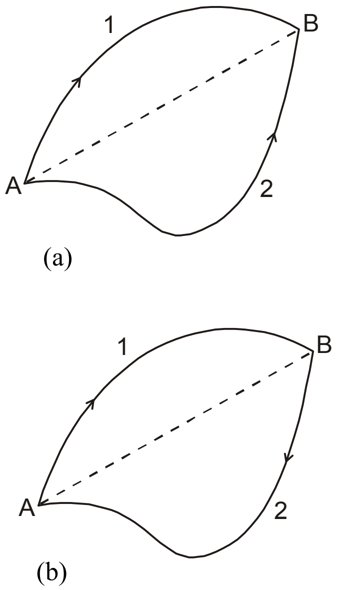
$u^2 = 49$

$u = 7 \text{ms}^{-1}$

6.5.4 ସଂରକ୍ଷକ ଓ କ୍ଷୟକାରୀ (ଅସଂରକ୍ଷକ) ବଳମାନ

(a) ସଂରକ୍ଷକ ବଳ

ଆମେ ଦେଖିଛୁ ଯେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଓଜନ ଏବଂ ଏହାର ଭୂଲମ୍ବ ବିସ୍ଥାପନର ଗୁଣନ ଫଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମାଧ୍ୟକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବରେ ଥାଇ ଯଦି ଏକ ବସ୍ତୁ A ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ B କୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରାଯାଏ, (ଚିତ୍ର 6.13) ତେବେ ମାଧ୍ୟକର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଭୂଲମ୍ବ ଦୂରତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । A ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି Bକୁ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ଅନୁସୃତ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ଗୋଟିଏ ବଳ ଏହି ନିୟମକୁ ମାନୁଥିଲେ ତାହାକୁ **ସଂରକ୍ଷକ ବଳ** କୁହାଯାଏ । ସଂରକ୍ଷକ ବଳର କିଛି ଉଦାହରଣ ହେଉଛି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ବଳ, ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ବଳ ଏବଂ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ । ଏକ ସଂରକ୍ଷକ ବଳର ଗୋଟିଏ ଧର୍ମ ହେଉଛି ଯେ ଏକ **ସଂରକ୍ଷକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।**



ଚିତ୍ର 6.13(a) ବସ୍ତୁଟି A ରୁ B କୁ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ପଥ ଦେଇ ଯାଇଛି । (b) ଏହା A ରୁ B କୁ ପଥ 1 ଦେଇ ନିଆଯାଇଛି ଏବଂ ପଥ 2 ଦେଇ A କୁ ଫେରାଇ ଅଣାଯାଇଛି ।

ଚିତ୍ର 6.13(a) ରେ

W_{AB} (1 ପଥ ଦେଇ) = W_{AB} (2 ପଥ ଦେଇ) । ଚିତ୍ର 6.13 (b) ବସ୍ତୁର ସମାନ ଅବସ୍ଥାନ ଦ୍ୱୟ ଦର୍ଶାଇଛି । ବସ୍ତୁଟି A ରୁ B କୁ ପଥ 1 ଦେଇଯାଏ ଏବଂ A କୁ ଫେରିଆସେ ପଥ 2 ଦେଇ । ସଂରକ୍ଷକ ବଳର ସଂଜ୍ଞା ଅନୁସାରେ, ପଥ 1 ଦେଇ ଏକ ସଂରକ୍ଷକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଥ 2 ଦେଇ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତ ।

W_{AB} (1 ପଥ ଦେଇ) = $-W_{BA}$ (ପଥ 2 ଦେଇ)

ଅଥବା

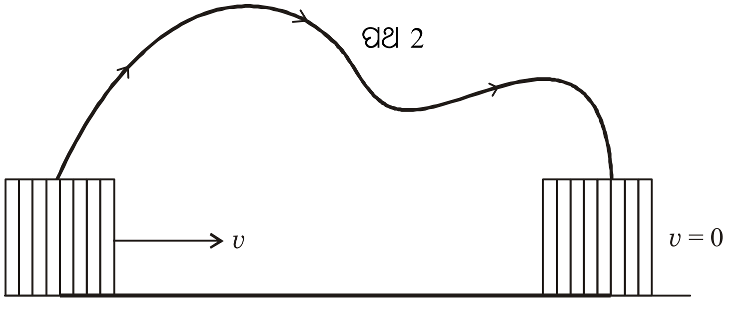
$$W_{AB} + W_{BA} = 0 \qquad (6.27)$$

ଏହି ଫଳରୁ ସଂରକ୍ଷକ ବଳର ଏକ ପ୍ରମୁଖ ଧର୍ମ ମିଳେ । **ଏକ ବସ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ଏକ ସଂବୃତ୍ତ ପଥରେ ଗତିକରେ ଏବଂ ଯାତ୍ରାର ପ୍ରାରମ୍ଭ ବିନ୍ଦୁକୁ ଫେରି ଆସେ ତେବେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ସଂରକ୍ଷିକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଶୂନ୍ ଅଟେ ।**

(b) ଅସଂରକ୍ଷକ ବଳ

ଘର୍ଷଣ ବଳ ଅସଂରକ୍ଷକ ବଳର ଏକ ଉତ୍ତମ ଉଦାହରଣ । ଚିତ୍ର 6.14 ରେ ଏକ ବନ୍ଧୁର (rough) ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହି ପୃଷ୍ଠରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବ୍ଲକ୍ u ବେଗରେ A ବିନ୍ଦୁରେ ଗତି କରୁଛି । ଏକ ସରଳ ପଥରେ କିଛି ଦୂର ଗତି କରିବା ପରେ ବ୍ଲକ୍‌ଟି B ବିନ୍ଦୁରେ ଅଟକେ । A ବିନ୍ଦୁରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହେଉଛି

$E = \frac{1}{2}mu^2$ । B ବିନ୍ଦୁରେ ଏହାର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ନାହିଁ କି ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ନାହିଁ । ଏହାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୋଇଯାଇଛି । ଏହି ଶକ୍ତି କୁଆଡ଼େ ଯାଏ, ତୁମେ ଜାଣିଛ କି ? ଏହାର ରୂପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଛି । ଘର୍ଷଣ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୋଇଛି କିମ୍ବା ଆମେ କହି ପାରିବା ଯେ ଘର୍ଷଣ ବଳ ବ୍ଲକ୍ ଉପରେ ନେଗେଟିଭ୍ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ କରିଛି । ଗତିଜ ଶକ୍ତି ତନ୍ତର ତାପଶକ୍ତିକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଛି । ସମାନ ଗତିଜ ଶକ୍ତି E ସହିତ ବ୍ଲକ୍‌ଟିକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ଏକ ଲମ୍ବା ପଥ ଦେଇ A ରୁ B କୁ ନିଆଯାଉ । ଏହା ହୁଏତ Bରେ ପହଞ୍ଚି ନ ପାରେ । Bର ଯଥେଷ୍ଟ ପୂର୍ବରୁ ଏହା ଅଟକି ଯାଇପାରେ । ଏଥିରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଏହି ପଥ ଦେଇ ଅଧିକ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ ହେବ । ତେଣୁ, ଏହା କୁହାଯାଇ ପାରିବ ଯେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

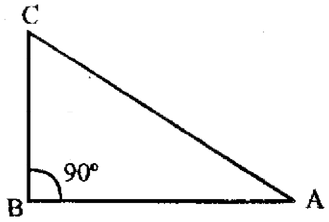


ଚିତ୍ର 6.14 : ପ୍ରାରମ୍ଭ ବେଗ u ଥିବା ଏକ ବ୍ଲକ୍ ଗୋଟିଏ ବନ୍ଧୁର ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ ଏକ ସରଳରୈଖିକ ପଥ 1 ରେ ଗତିକରି B ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆସ । ଏହା A ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ ବେଗ u ରେ ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରେ କିନ୍ତୁ ଏକ ଭିନ୍ନ ପଥ 2 ରେ ଗତିକରେ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 6.5

1. ABC ତ୍ରିଭୁଜରେ AB ଭୂସମାନ୍ତର ଏବଂ BC ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଅଛି । ଦୈର୍ଘ୍ୟ AB = 3m, BC = 4m ଏବଂ AC = 5m । 2kg ର ଏକ ବ୍ଲକ୍ A ରେ ଅଛି । ବ୍ଲକ୍‌ର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର କେତେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଯଦି

   (a) ଏହା A ରୁ B କୁ ନିଆଯାଏ
   (b) ଏହା B ରୁ C କୁ ନିଆଯାଏ
   (c) ଏହା C ରୁ A କୁ ନିଆଯାଏ
   (d) ବସ୍ତୁଟିକୁ B ରୁ C ନେଲେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ ? (ପଜିଟିଭ୍ କି ନେଗେଟିଭ କାର୍ଯ୍ୟ) ?

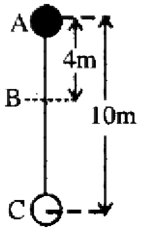


ଚିତ୍ର 6.15

....

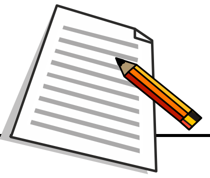
2. 0.5 କେଜି ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବଲ୍ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ 10m ଉଚ୍ଚତାରେ A ବିନ୍ଦୁରେ ଅଛି । ମୁକ୍ତ ପତନର କାର୍ଯ୍ୟ-ଶକ୍ତି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି, ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରଶ୍ନମାନଙ୍କର ସମାଧାନ କର ।

   (a) B ବିନ୍ଦୁରେ ବଲ୍‌ର ବେଗ କେତେ ?
   (b) C ବିନ୍ଦୁରେ ବଲ୍‌ର ବେଗ କେତେ ?
   (c) A ରୁ C କୁ ନେବାରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ କେତେ (ଉପଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ଦିଅ) ?



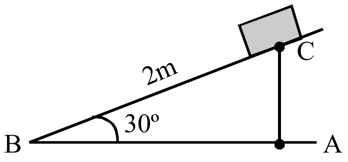
ଚିତ୍ର 6.16

....



ଟିପ୍ପଣୀ

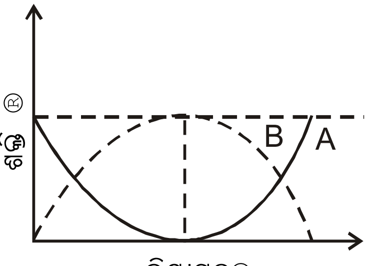
3. ଏକ ଆନତ ସମତଳ ଶୀର୍ଷରେ ଥିବା ଏକ ବ୍ଲକ୍ ତଳକୁ ଖସେ । ପୃଷ୍ଠ BC ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ = 2 m ଏବଂ ଏହା ଭୂସମାନ୍ତର ସହିତ 30^0 କୋଣ କରେ । ବ୍ଲକ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 2kg । B ବିନ୍ଦୁରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି 15.6J । ଅସଂରକ୍ଷକ ବଳ (ଘର୍ଷଣ) ଯୋଗୁଁ କେତେ ପରିମାଣର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ ? ଘର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ?



ଚିତ୍ର 6.17

....

4. ଏକ ସରଳ ଦୋଳକର ବବ୍‌ର ଶକ୍ତି E ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ x ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ବକ୍ରଲେଖ A ଓ B ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ବବ୍‌ର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଦର୍ଶାଉଛି ଏବଂ କାହିଁକି ?



ଚିତ୍ର 6.18

....

5. କୌଣସି ତନ୍ତ୍ର ଉପରେ ଅସଂରକ୍ଷକ ବଳମାନ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲେ, ତନ୍ତ୍ରର ସମଗ୍ର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ କି ?

....

6.6 ସ୍ଥିତି-ସ୍ଥାପକ ଓ ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତ

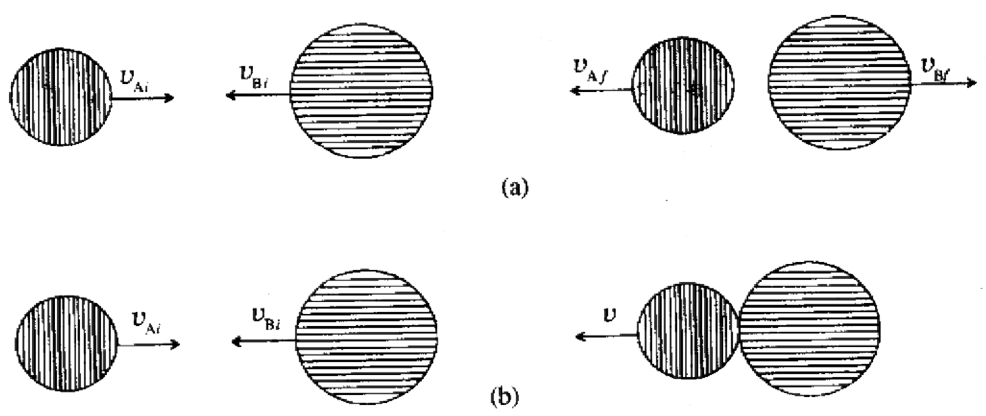
ଦୁଇ ବସ୍ତୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତନ୍ତ୍ର ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ତନ୍ତ୍ରଟି ଏକ ସଂବୃତ୍ତ ତନ୍ତ୍ର ଅର୍ଥାତ୍ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ । ତନ୍ତ୍ରଟି ଦୁଇଟି ବଲ୍‌ରେ ହୋଇ ପାରିଥାଏ କିମ୍ବା ଦୁଇଟି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ କିମ୍ବା ଗୋଟିଏ ବଲ୍ ଓ ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବା ଏପରି କିଛିକୁ ନେଇ ହୋଇ ପାରିଥାଏ । ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ହେଲେ, ଏହାକୁ **ସଂଘାତ** କୁହାଯାଏ । ତନ୍ତ୍ର ଉପରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ । ଦୁଇଟି ବଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ସଂଘାତରୁ ଆରମ୍ଭ କରାଯାଉ ଏବଂ ବିଶ୍ଳେଷଣକୁ ସହଜ କରିବାକୁ **"ମୁହାଁ-ମୁହିଁ"** କିମ୍ବା **"କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ସଂଘାତ"** ହେଉଛି ବୋଲି ଧରାଯାଉ । ଏ ପ୍ରକାର ସଂଘାତରେ ସଂଘାତରତ ବସ୍ତୁମାନ ସେମାନଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଯୋଗକରୁଥିବା ସରଳ ରେଖାରେ ଗତି କରନ୍ତି । ସଂଘାତ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର :

(i) ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ : ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟାସଂପୃକ୍ତ ବଳମାନ ଯଦି ସଂରକ୍ଷକ, ସମଗ୍ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସଂଘାତ ପୂର୍ବର ସମସ୍ତ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସଂଘାତ ପର ଗତିଜଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ । ଏ ଭଳି ସଂଘାତକୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ କୁହାଯାଏ ।

(ii) ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତ : ଦୁଇଟି ସଂଘାତରତ ବସ୍ତୁ ସଂଘାତ ପରେ ଯଦି ପରସ୍ପର ସହିତ ଲାଗି ରହନ୍ତି ଏବଂ ଗୋଟିକିଆ ହୋଇ ଗତି କରେ, ତେବେ ଏହାକୁ **ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତ** କୁହାଯାଏ । ଲକ୍ଷ୍ୟ ଦେହରେ ବୁଲେଟ୍‌ଟିଏ ବାଜିଲେ ଉଭୟ ଲାଗି ରହି ଏକାଠି ଗତି କରିବା ଏଭଳି ସଂଘାତ । ତୁମେ ମନେ ରଖିବା କଥା ଯେ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ସଂଘାତରେ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ହୁଏ । କାହିଁକି ? କିନ୍ତୁ କେବଳ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତରେ ହିଁ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ହୁଏ ।

6.6.1 ସ୍ଥିତି-ସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ (ମୁହାଁ-ମୁହିଁ)

ଚିତ୍ର 6.19 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଯଥାକ୍ରମେ m_A ଏବଂ m_B ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବଲ A ଓ B ମୁହାଁ-ମୁହିଁ ସଂଘାତ କରୁ । ମନେକର ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ ବଲ୍‌ଦ୍ୱୟଙ୍କର ବେଗ u_{Ai} ଓ u_{Bi} ଏବଂ ସଂଘାତ ପରେ ବେଗ u_{Af} ଓ u_{Bf} ହେଉ ।



ଚିତ୍ର 6.19 : ମୁହାଁ-ମୁହିଁ ସଂଘାତର ପରିକଳ୍ପିତ ଚିତ୍ର (a) ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ (b) ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତ

ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ଓ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇବୁ;
ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ପାଇଁ,

$$m_A u_{Ai} + m_B u_{Bi} = m_A u_{AF} + m_B u_{Bf} \qquad (6.28)$$

ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ପାଇଁ,

$$\frac{1}{2} m_A u_{Ai}{}^2 + \frac{1}{2} m_{Bi} u_{Bi}{}^2 = \frac{1}{2} m_A u^2_{Af} + \frac{1}{2} m_B u^2_{Bf} \qquad (6.29)$$

ଏଥିରେ କେବଳ ଦୁଇଟି ଅଜଣା ରାଶି (ସଂଘାତ ପୂର୍ବର ଓ ସଂଘାତ ପରର ପରିବେଗମାନ) ଏବଂ ଦୁଇଟି ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସମୀକରଣ ଅଛି [ସମୀକରଣ (6.28) ଏକ (6.29)] । ଏହାର ସମାଧାନ କଷ୍ଟ ନୁହେଁ; କିନ୍ତୁ ସମୟ ସାପେକ୍ଷ । ତେଣୁ ଆମେ କେବଳ ଏହାର ଫଳ ଏଠାରେ ଲେଖୁଛୁ ।

$$(u_{Bf} - u_{At}) = -(u_{Bi} - u_{Ai}) \qquad (6.30)$$

$$u_{Af} = \frac{2m_B \upsilon_{Bi}}{m_A + m_B} + \frac{\upsilon_{Ai}(m_A - m_B)}{m_A + m_B} \qquad (6.31)$$

$$u_{Bf} = -\frac{2m_A \upsilon_{Ai}}{m_A + m_B} + \frac{(m_B - m_A)\upsilon_{Bi}}{(m_A + m_B)} \qquad (6.32)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ କେତେକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସମସ୍ୟା ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ସମସ୍ୟା I : ମନେକର ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଘାତ କରୁଥିବ ବଲ୍ ଦ୍ୱୟ ସମାନ ଧରଣର ଅର୍ଥାତ୍ $m_A = m_B = m$ ତେବେ ସମୀକରଣ (6.31) ଏବଂ (6.32) ର ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦ ବାଦ ଦେଲେ, ପାଇବା

$$u_{Af} = u_{Bi} \qquad (6.33)$$

ଏବଂ

$$u_{Bf} = u_{Ai} \qquad (6.34)$$

ତେଣୁ ଦୁଇଟି ସମପ୍ରକୃତିର ବଲ୍ "ମୁହାଁ-ମୁହିଁ" ସଂଘର୍ଷ କଲେ, ସେମାନଙ୍କର ପରିବେଗର ବିନିମୟ ହୁଏ ।
ସଂଘାତ ପରେ : (i) A ର ପରିବେଗ ସଂଘାତ ପୂର୍ବର B ର ପରିବେଗ ସହିତ ସମାନ ।
(ii) B ର ପରିବେଗ ସଂଘାତ ପୂର୍ବର A ର ପରିବେଗ ସହିତ ସମାନ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିନ୍ତା କରାଯାଉ, ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ ଯଦି ଗୋଟିଏ ବଲ୍ ସ୍ଥିର ଥାଏ ?

ମନେକର B ସ୍ଥିର ଅଛି, ତେଣୁ $u_{Bi} = 0$ ତେବେ $u_{Af} = 0$ ଏବଂ $u_{Bf} = u_{Ai}$ ସଂଘାତ ପରେ, A ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାକୁ ଆସେ ଏବଂ B ସଂଘାତ ପୂର୍ବର A ର ପରିବେଗ ସହିତ ଗତିକରେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ସେହିଭଳି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇ ହେବ ସଂଘାତ ପରେ ବଲ୍‌ମାନଙ୍କର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସଂପର୍କରେ । A ଦ୍ୱାରା ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ସମଗ୍ର କ୍ଷୟ ବା ଆଂଶିକ କ୍ଷୟ $(m_A \neq m_B)$ B ଦ୍ୱାରା ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ସମାନ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର୍ ରିଆକ୍ଟର୍‌ରେ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ମନ୍ଦନରେ ଏହି ବିଷୟର ବିଶେଷ ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି ।

ସମସ୍ୟା II :

ଦ୍ୱିତୀୟ ଚମତ୍କାର ଉଦାହରଣ ହେଉଛି, ଦୁଇଟି ଅସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କଣିକାର ସଂଘାତ ।

(i) ମନେ କର m_A ତୁଳନାରେ m_B ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଏବଂ କଣିକା B ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ସ୍ଥିର ଅଛି :

$m_B >> m_A$ ଏବଂ $u_{Bi} = 0$

ତେବେ, m_B ତୁଳନାରେ m_A କୁ ଉପେକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ । ସମୀକରଣ (6.31) ଓ (6.32) ଆମେ ପାଇଛୁ,

$u_{Af} \approx -u_{Ai}$

ଏବଂ $u_{Bf} \approx 0$

ସଂଘାତ ପରେ ଭାରି କଣିକାଟି ପୂର୍ବପରି ସ୍ଥିର ରହେ । ଉଶ୍ୱାସ କଣିକାଟି ପ୍ରାରମ୍ଭ ପରିବେଗରେ ନିଜ ପଥରେ ଫେରି ଆସେ ।

ଛୋଟ ପିଲାଟିଏ ଗୋଟିଏ କାନ୍ଥକୁ ବଲ୍ ଫିଙ୍ଗିଲେ ଏହା ହିଁ ହୁଏ ।

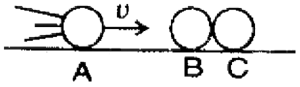
ପରମାଣୁ ବିଜ୍ଞାନରେ ଏହି ଫଳର ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଇଉରାନିୟମ୍ ଭଳି ଭାରି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ସହିତ α- କଣିକାର ସଂଘାତରେ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 6.5

1. ଗୋଟିଏ ବଲ୍ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲା ବେଳେ ଦୁଇଟି କଠିନ ବଲ୍ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଘାତ ହୁଅନ୍ତି ।
   (a) ସଂଘାତ ପରେ ଉଭୟ ସ୍ଥିର ରହିବା ସମ୍ଭବ କି ?
   (b) ସଂଘାତ ପରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ରହିବା ସମ୍ଭବ କି ?

   ....

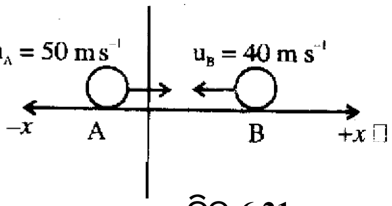
2. ଏକ ସରଳରେଖାରେ ତିନିଟି ଏକା ଭଳି ବଲ A, B, C ଥିବା ଏକ ତନ୍ତ୍ର ଏଠାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । B ଓ C ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ଏବଂ ସ୍ଥିର ଅଛନ୍ତି । u ପରିବେଗରେ ଗତିକରି A ମୁହାଁମୁହିଁ ସଂଘାତ କରେ B ସହିତ । ସଂଘାତ ପରେ, A, B ଓ C ର ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଭାବେ ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ? ବୁଝାଅ ।



ଚିତ୍ର 6.20

   ....

3. 2kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବଲ୍ A ମୁହାଁମୁହିଁ ସଂଘାତ କରେ 4 kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବଲ୍ B ସହିତ । A ଗତି କରୁଛି 50 ms^{-1} ବେଗରେ +x ଦିଗରେ ଏବଂ B ଗତି କରୁଛି 40 ms^{-1} ବେଗରେ -x ଦିଗରେ । ସଂଘାତ ପରେ A ଓ B ର ପରିବେଗ କେତେ ? ସଂଘାତ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଅଟେ ।



ଚିତ୍ର 6.21

   ....

4. ଏକ ବୁଲେଟ୍ ଯାଇ 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର କାଠ ଖଣ୍ଡ ଦେହରେ ଲାଖିଗଲା । ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ ବୁଲେଟ୍‌ର ପରିବେଗ 90 m/s ।
   (a) ସଂଘାତ ପରେ ତନ୍ତ୍ରର ପରିବେଗ କେତେ ?

(b) ସଂଘାତ ପୂର୍ବ ଓ ପରର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହିସାବ କର ।

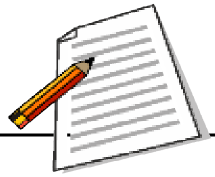
(c) ଏହା ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ କି ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତ ?

(d) ସଂଘାତରେ କେତେ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ ?

....

5. ଦୁଇଟି ବଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ ପରେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଲ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ କି ?

....



ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ଗୋଟିଏ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ

  $W = \mathbf{F.d} = Fd\cos\theta$

  ଏଠାରେ θ ହେଉଛି F ଓ d ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣ ।
- କାର୍ଯ୍ୟର ଏକକ ଜୁଲ୍ । କାର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି ସ୍କାଲାର୍ ରାଶି ।
- F ର x ସହିତ ଗ୍ରାଫ୍ ତଳେ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସାଂଖ୍ୟିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ସମାନ ।
- ହୁକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମକୁ ମାନୁଥିବା ଏକ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ $W = \frac{1}{2}kx^2$ ଅଟେ । ଏଠାରେ k ହେଉଛି ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ବସ୍ତୁ(ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ବା ତାର)ର ବଳ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ W ର ଚିହ୍ନ ପଜିଟିଭ୍ ଏବଂ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ପ୍ରତ୍ୟାନୟନ ବଳ ନେଗେଟିଭ୍ । x ହେଉଛି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସଂପୀଡ଼ନ କିମ୍ବା ପ୍ରସାରଣ ।

  k ର ଏକକ ହେଉଛି ମିଟର ପ୍ରତି ନିଉଟନ୍ (Nm^{-1})
- ଏକକ ସମୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନର ହାରକୁ ସାମର୍ଥ୍ୟ କୁହାଯାଏ । $P = W/t$ । ଏହାର ଏକକ J/s ବା ୱାଟ୍ (W)
- ଏକ ତନ୍ତ୍ରର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ଦୁଇ ରୂପରେ ରହେ (i) ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଏବଂ (ii) ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି
- υ ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ m ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତି $E = \frac{1}{2}m\upsilon^2$ । ଏହା ଏକ ସ୍କାଲାର ରାଶି ।
- **କାର୍ଯ୍ୟ-ଶକ୍ତି ଉପପାଦ୍ୟ** ଅନୁସାରେ ସମସ୍ତ ବଳମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ବସ୍ତୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସମାନ ।

  $W = K_f - K_i = \Delta K$
- ଏକ ସଂରକ୍ଷକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ କଣିକା ଉପରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ କଣିକାର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅର୍ଥାତ ଗତିଜଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ + ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସମାନ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ ସଂରକ୍ଷକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ହୁଏ ।

  $\Delta E = (E_f - E_i)_P + (E_f - E_i)_k$

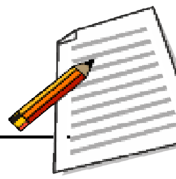
  $= (\Delta E_i)_P + (\Delta E_i)_k$
- ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ସଂରକ୍ଷକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗରେ ସଂବୃତ୍ତ ଯାତ୍ରା (ବସ୍ତୁଟି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାନକୁ ଫେରି ଆସେ) କଲେ, ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଶୂନ୍ ଅଟେ ।
- ଏକ ସଂରକ୍ଷକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁର ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ଏହା କେବଳ ପ୍ରାରମ୍ଭ ଓ ଅନ୍ତିମ ଅବସ୍ଥାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

- ଏକ ଅସଂରକ୍ଷକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସମଗ୍ର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।
- ଏକ ସଂରକ୍ଷକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ କଣିକାର ଅବସ୍ଥାନ ଜନିତ ଶକ୍ତିକୁ କଣିକାର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ ।
- ଏକ ସଂପୀଡ଼ିତ ବା ସଂପ୍ରସାରିତ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିକୁ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି $\frac{1}{2}kx^2$ । ଏଠାରେ k ହେଉଛି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ x ହେଉଛି ବିସ୍ଥାପନ ।
- ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି ହେଉଛି mgh । ଏହାକୁ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ ବସ୍ତୁର ଭୂଲମ୍ବ ମାପର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି h । ଶୂନ୍ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ସ୍ତର (reference level) ଯାଦୃଚ୍ଛିକ ।
- ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ସଂସ୍ଥାରେ ଶକ୍ତି ଗୋଟିଏ ରୂପରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ରୂପକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇପାରେ, କିନ୍ତୁ ଏହା ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ କିମ୍ବା କ୍ଷୟ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ । ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ସର୍ବଦା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ।
- ଯେ କୌଣସି ଧରଣର ସଂଘାତରେ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।
- ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତରେ ଏହା ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଦୁଇଟି କଣିକାର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସମାନ ହେଲେ, ସେମାନଙ୍କର ସଂବେଗ ସମାନ ହେବ କି ? ବୁଝାଅ ।
2. ଏକ ଗତିଶୀଳ କଣିକା ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥିରଥିବା କଣିକା ସହିତ ସଂଘାତ କରେ । ସଂଘାତ ପରେ ଉଭୟ ସ୍ଥିର ରହିବା ସମ୍ଭବ କି ?
3. ଏକ ତନ୍ତ୍ର ଉପରେ ଅସଂରକ୍ଷକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିଲେ ଏହାର ସମଗ୍ର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ କି ?
4. 20 ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଏକ ଶିଶୁ ଗୋଟିଏ ବଲ୍ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ଉପରକୁ ଫିଙ୍ଗେ ।
   (a) କେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ ?
   (b) କେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ ?
5. 3 kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବ୍ଲକ୍ 20 ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଗତିକରି ଏକ 1200Nm^{-1} ବଳ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ସହିତ ସଂଘାତ କରେ । ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ସର୍ବାଧିକ ସଂପୀଡ଼ନ ହିସାବ କର ।
6. ବ୍ଲକ୍‌ରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର ଦୁଇଗୁଣ ହେଲା ବେଳକୁ ପ୍ରଶ୍ନ 5 ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ସଂପୀଡ଼ନ କେତେ ହେବ ?
7. ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ବଲ୍‌ବର ସାମର୍ଥ୍ୟ ହେଉଛି 60W । ଦିନକୁ 12 ଘଣ୍ଟା ହାରରେ ଜଳୁଥିଲେ 30 ଦିନରେ କେତେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଖର୍ଚ୍ଚ ହେବ, ହିସାବ କର ।
8. 120m ଉଚ୍ଚତାରୁ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 1000 kg ଜଳ ଖସୁଛି । ଏହି ପଡୁଥିବା ଜଳର ଶକ୍ତି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି । ଅପଚୟ ନ ହେଉଛି ବୋଲି ଧରି ଜେନରେଟର୍‌ର ସାମର୍ଥ୍ୟ ହିସାବ କର ।



ଟିପ୍ପଣୀ

9. ରାଜରାସ୍ତାରେ ଏକ 1200 kg ର ଏକ କାର୍‌ର ବେଗ ହେଉଛି 90 km h^{-1} । କାର୍‌କୁ ଅଟକାଇବାକୁ ଡ୍ରାଇଭର୍ ବ୍ରେକ୍ ପ୍ରୟୋଗ କଲା । 3 ସେକେଣ୍ଡ୍‌ରେ କାର୍ ସ୍ଥିର ହେଲା । ବ୍ରେକ୍‌ର ମାଧ୍ୟ ସାମର୍ଥ୍ୟ ହିସାବ କର ।

10. 5 ms^{-1} ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ 400g ର ଏକ ବଲ୍ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା 600g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଆଉ ଏକ ବଲ ସହିତ ମୁହାଁମୁହିଁ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ସଂଘାତ କଲା । ସଂଘାତ ପରେ ବଲ୍‌ମାନଙ୍କର ବେଗ ହିସାବ କର ।

11. 10g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବୁଲେଟ୍ ପ୍ରାରମ୍ଭ ବେଗ 500ms^{-1} ରେ ଫୁଟାଗଲା । ଏହା ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା 20 kg ର ଏକ କାଠ ବ୍ଲକ୍‌ରେ ବାଜିଲା ଏବଂ ବ୍ଲକ୍‌ରେ ଲାଗି ରହିଲା ।

(a) ପ୍ରତିଘାତ (impact)ପରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ପରିବେଗ ହିସାବ କର ।

(b) ସଂଘାତରେ କେତେ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ ?

12. ଗୋଟିଏ 6 kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ବସ୍ତୁ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ଏକ 15 N ଭୂସମାନ୍ତର ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଅବିରତ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଛି । ବସ୍ତୁଟି 10 ସେକେଣ୍ଡରେ 100 m ଗତି କରେ ।

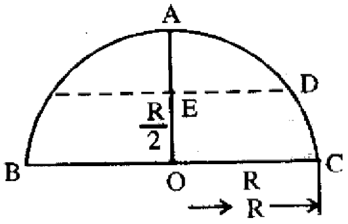
(a) କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ କେଉଁ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରେ ।

(b) 10 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ବ୍ଲକ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେତେ ହେବ ?

(c) ଘର୍ଷଣ ବଳ (ଯଦି କିଛି ଥାଏ) ର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ କ'ଣ ?

(d) ଗତି କରିବା ସମୟରେ କେତେ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହେବ ?

13. ଭୂମିରେ ଓଲଟା ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲାକାର କପ୍ ଉପରେ A, B, C ଏବଂ D ହେଉଛନ୍ତି ଚାରୋଟି ବିନ୍ଦୁ । ବ୍ୟାସ BC = 50 cm । 250g ର ଏକ କଣିକା A ରେ ସ୍ଥିର ଥିବା ଅବସ୍ଥାରୁ କପ୍‌ର ମସୃଣ ପୃଷ୍ଠରେ ତଳକୁ ଖସେ । ହିସାବ କର, ଏହାର



(a) B ତୁଳନାରେ A ରେ ଏହାର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

(b) B ବିନ୍ଦୁ (ନିମ୍ନତମ ବିନ୍ଦୁ) ରେ ବେଗ

(c) D ରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଓ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

ବ୍ଲକ୍‌ର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ହେଉଥିବା ଲକ୍ଷ୍ୟ କରୁଛ କି ? କାହିଁକି ?

14. ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ବଳ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହେଉଛି 400 N/m ।

ଏହି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌କୁ (a) 6.0 ସେ.ମି. (b) x = 4.0 ସେ.ମି ରୁ x = 6.0 ସେ.ମି. ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରସାରିତ କରିବାକୁ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଉପରେ କେତେ ପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟ ନିଶ୍ଚୟ ସଂପାଦନ କରିବାକୁ ହେବ ? ଏଠାରେ x = 0 ହେଉଛି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର ଶିଥିଳ ଅବସ୍ଥାନ ।

15. ଗୋଟିଏ କାର୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1000 କେଜି । ଏହା ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରୁ ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରି 3.0 ସେକେଣ୍ଡରେ 15 ms^{-1} ଗତି ବେଗ ଲାଭ କରେ । ହିସାବ କର

(a) ଇଂଜିନ୍‌ର ମାଧ୍ୟ ସାମର୍ଥ୍ୟ ।

(b) ଇଂଜିନ୍ ଦ୍ୱାରା କାର୍ ଉପରେ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

6.1

1. ବଳ ସର୍ବଦା ଗତିର ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି । ତେଣୁ ବଳ ଦ୍ୱାରା କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହେଉ ନାହିଁ ।

2. (a) ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ଶୂନ୍ (i) ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁର ବିସ୍ଥାପନ ନାହିଁ ।

(ii) ଯେତେବେଳେ ବଳ ଓ ବିସ୍ଥାପନ ମଧ୍ୟରେ କୋଣ 90^0 ।

ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ପୃଷ୍ଠରେ ଗତି କଲେ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ବଳ ଜନିତ ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

(b) କଣିକାଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଉପରକୁ ଫିଙ୍ଗାଗଲେ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ **ନେଗେଟିଭ୍** ଅଟେ ।

(c) କଣିକାଟି ଯଦି ବଳର ସମାନ ଦିଗରେ ଗତିକରେ, ତେବେ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ **ପଜିଟିଭ୍** ।

3. (a) $W = mgh = 2 \times 9.8 \times 5 = +98$ J

(b) ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ -98 J

4. $\boldsymbol{F} = (2\hat{\mathbf{i}} + 3\hat{\mathbf{j}})$

$d = (-\hat{\mathbf{i}} + 2\hat{\mathbf{j}})$

$W = \mathbf{F.d} = (2\hat{\mathbf{i}} + 3\hat{\mathbf{j}}) . (-\hat{\mathbf{i}} + 2\hat{\mathbf{j}})$

$-2 + 6 = 4$

5. $\mathrm{F} = (5\hat{\mathbf{i}} + 3\hat{\mathbf{j}})$ $\mathrm{d} = (3\hat{\mathbf{i}} + 4\hat{\mathbf{j}})$

(a) $|\,\mathbf{d}\,| = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5\mathrm{m}$

(b) $|\,\mathbf{F}\,| = \sqrt{25+9} = \sqrt{34} = 5.83$

(c) $W = \mathbf{F.d} = (5\hat{\mathbf{i}} + 3\hat{\mathbf{j}}) . (3\hat{\mathbf{i}} + 4\hat{\mathbf{j}})$

$15 + 12 = 27\mathrm{J}$

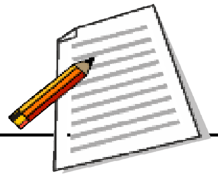
6.2

1. ଏକକ ବିସ୍ଥାପନ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାନୟନ ବଳକୁ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କୁହାଯାଏ । ତେଣୁ ଏହାକୁ Nm^{-1} ରେ ମାପ ହୁଏ ।

2. $k = \dfrac{10\mathrm{N}}{1\mathrm{cm}} = \dfrac{10\mathrm{N}}{1/100\mathrm{m}} = 100\mathrm{Nm}$

ଯେହେତୁ $F = kx,\ x = 50$ cm, $F = \left(100\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\right)(0.5\mathrm{m}) = 50$ N

$$W = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times \frac{100\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \times \left(\frac{5}{100} \times \frac{5}{100}\right)\mathrm{m}^2 = 1.25\mathrm{Nm} = 1.25\mathrm{J}$$



ଟିପ୍ପଣୀ

6.3

1. $P = \frac{mgh}{t} = \frac{(100 \times 9.8 \times 8)}{10s}$ J = 784 W

2. 10 HP = (10 x 746) W = $\frac{10 \times 746}{1000}$ W = 7.46 kW

6.4

1. $KE = \frac{1}{2} mu^2$ ଏହା କେବେ ନେଗେଟିଭ୍ ହୁଏ ନାହିଁ କାରଣ

   (i) m କେବେ ନେଗେଟିଭ୍ ହୁଏ ନାହିଁ ।

   (ii) u^2 ସର୍ବଦା ପଜିଟିଭ୍ ।

2. (a) $KE = \frac{1}{2} mu^2 = E$

   u କୁ 2u କଲେ KE ଚାରିଗୁଣ ହୁଏ

   ଏବଂ E ହୋଇଯାଏ $4E$

   (b) m ର ମୂଲ୍ୟ $\frac{m}{2}$ ହେଲେ, E ର ମୂଲ୍ୟ $\frac{E}{2}$ ହୁଏ ।

3. ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ର $P.E = \frac{1}{2} kx^2 = 3.6J$

   $x^2 = \frac{2 \times 3.6}{k} = \frac{2 \times 3.6}{180} = 0.04m$

   ଏବଂ $x = 0.2m$ = 20 ସେ.ମି.

4. $u^2 = u^2 - 2as$

   ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ 0 ଏବଂ ପ୍ରାରମ୍ଭ ପରିବେଗ $\frac{90km}{h} = 25\ ms^{-1}$

   \ $\frac{u^2}{2s} = a = \frac{25 \times 25}{2 \times 15} = 20.83\ ms^{-2}$

   $F = ma = 1000 \times 20.83 = 20830$ N

   ସାମର୍ଥ୍ୟ = $\frac{W}{t} = \frac{20830 \times 15}{25} = 12498$ W

5. ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ = 375J

   ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଦ୍ୱାରା ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟ = – 375J

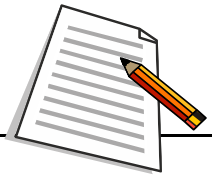
6.5

1. (a) O, $P.E.$ ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନାହିଁ ।

   (b) $P.E.$ ର ପରିବର୍ତ୍ତନ = $mgh = 2 \times 9.8 \times 4 = 78.4J$

   (c) $P.E.$ ର ପରିବର୍ତ୍ତନ = 78.4J

   (d) – 78.4J



ଟିପ୍ପଣୀ

2. (a) *P.E.* ପରିବର୍ତ୍ତନ $= mgh = 0.5 \times 9.8 \times 4 = 19.6$ J

(b) $\upsilon = 14\ \text{ms}^{-1}$

(c) $mgh = 0.5 \times 9.8 \times 10 = 49.0$J (+ପଜିଟିଭ୍)

$W = +49$ J

3. BC = 2 m

$$\frac{AC}{BC} = \sin 30^0$$

$$AC = BC \sin 30^0 = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

C ରୁ B କୁ *PE* ର ପରିବର୍ତ୍ତନ = $mgh = 2 \times 9.8 \times 1 = 19.6$ J

କିନ୍ତୁ B ରେ $KE = 15.6$ J

ତେଣୁ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ = 19.6 J − 15.6 J = 4 J

ଏହି କ୍ଷୟ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗୁଁ ହୁଏ ।

$4J = F \times d = F \times 2$

$F = 2$N

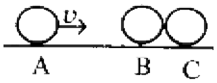
4. ସରଳ ଦୋଳକର ବବ୍ ଦୋଳନ କଲେ, $x = 0$ ରେ ଏହାର *KE* ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ଏବଂ $x = x_m$ ରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ହୁଏ । $x = 0$ ରେ PE ସର୍ବନିମ୍ନ ଏବଂ $x = x_m$ ରେ ଏହା ସର୍ବାଧିକ । ତେଣୁ A ସୂଚାଉଛି PE ର ବକ୍ରଲେଖ ।

5. ନାହିଁ ।

6.6

1. (a) ନା, କାରଣ ଏହା ରୈଖିକ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣର ବିରୁଦ୍ଧାଚରଣ କରୁଛି ।

(b) ହଁ ।

2. 

$\upsilon_A = 0,\ \upsilon_B = 0,\ \upsilon_C = \upsilon$

∴ କେବଳ ଏହି ସର୍ତ୍ତହିଁ ଉଭୟ (i) ରୈଖିକ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ (ii) ସମଗ୍ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।

3. $$\upsilon_{Af} = \frac{2m_B\upsilon_{Bi}}{m_A + m_B} + \frac{\upsilon_{Ai}(m_A - m_B)}{m_A + m_B}$$

$$= \frac{2 \times 4 \times (-40)}{6} - \frac{50(-2)}{6}$$

$$= -\frac{320}{6} + \frac{100}{6} = -\frac{220}{6} = -35\ \text{ms}^{-1}$$

$$\upsilon_{Bf} = -\frac{2m_A\upsilon_{Ai}}{m_A + m_B} + \frac{(m_B - m_A)\upsilon_{Bi}}{(m_A + m_B)}$$

$$= \frac{2 \times 2 \times 50}{6} - \frac{(-40)(4-2)}{6}$$

$$= \frac{200}{6} - \frac{80}{6} = \frac{120}{6} = 20\ ms^{-1}$$

ଅତଏବ ବଲ୍ A, ଫେରିଆସେ 35 ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଏବଂ ବଲ୍ B, 20 ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଗତି କରେ ।

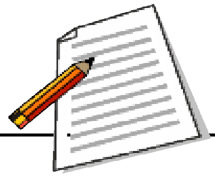
4. (a) 1.76 ms^{-1}

   (b) 81J , 1.58 J

   (c) ଅପ୍ରତ୍ୟାସ୍ଥ ସଂଘାତ

   (d) 79.42J

5. ହଁ, କିନ୍ତୁ ଉଭୟ ବଲ୍‌ର ସମଗ୍ର ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସଂଘାତ ପରେ ସମାନ ରହେ ସଂଘାତପୂର୍ବ ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

5. 1 m   6. 0.707 m   7. 21.6kW   8. 1.2 ମେଗାୱାଟ୍

9. 125 kW   10. $\frac{1}{4}$ ms^{-1} , $\frac{19}{6}$ ms^{-1}

11. (a) 0.25 ms^{-1} (b) 1249.4J

12. (a) 1500J (b) 1200J   (c) 3N ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ . (d) 300J

13. (a) 0.625J (b) $\sqrt{5}$ ms^{-1} (c)0.3125J

14. (a) 0.72J (b) 0.4J

15. (a) 37.5kW   (b) 1.25 x 10^5J