14

ତରଙ୍ଗ ପରିଘଟଣା

(Wave Phenomena)

ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମେ ଦେଖିଥିବ ଖଣ୍ଡିଏ ପଥର ପୋଖରୀର ସ୍ଥିର ଜଳକୁ ପକାଇଲେ, ପଡ଼ିବା ଜାଗାରୁ ଜଳସ୍ତରର ଉତ୍ଥାନ ଓ ପତନ ସମକେନ୍ଦ୍ରିକ ବୃତ୍ତାକାରରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ବ୍ୟାପିଯାଏ । ତୁମେ ଯଦି କୁଟା ଖଣ୍ଡେ ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ରଖିବ, ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ତାହା ନିଜ ସ୍ଥାନରେ ତଳ-ଉପର ହେବ । ଏଠାରେ ଜଳ କଣିକା ମାନ ନିଜ ସ୍ଥାନରେ ତଳ-ଉପର ହେଉଛନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ତଥାପି ଏପରି କିଛି ଅଛି ଯାହାକି ବର୍ହିଦିଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଏହାକୁ ଆମେ **ତରଙ୍ଗ** କହୁ । ତରଙ୍ଗ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର : ପ୍ରଗାମୀ (Progressive) ଓ ସ୍ଥିର (Stationary), ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ । ଏହାକୁ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ (longitudinal) ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ (transverse) ତରଙ୍ଗ ଭାବେ ମଧ୍ୟ ଶ୍ରେଣୀକରଣ କରାଯାଇପାରେ । ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ବର୍ଗୀକରଣ ନିର୍ଭର କରେ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ଦିଗ ତୁଳନାରେ ଜଡ଼ କଣିକାର ଗତିର ଦିଗ ଉପରେ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର୍ ଉପରେ । ଆମର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ସହିତ ତରଙ୍ଗର ନିବିଡ଼ ସଂପର୍କ ଅଛି ।

ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ବାୟୁରେ ଗତି କରିବା ଫଳରେ ଆମେ ଶୁଣି ପାରୁ । ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ, ଯାହାକି ଶୂନ୍ୟରେ ଗତି କରିପାରେ, ତାହା ଯୋଗୁଁ ଆମେ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କୁ ଦେଖିପାରୁ ଏବଂ ବେତାର ତରଙ୍ଗ ବିଭିନ୍ନ ସଙ୍କେତ ବହନ କରି ଆଲୋକ ବେଗର ଗତି କରିବାରୁ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଯୋଗାଯୋଗ ସଂସ୍ଥା ମାଧ୍ୟମରେ ଆମର ପ୍ରିୟଜନଙ୍କ ସହିତ ସଂପର୍କ ସ୍ଥାପନ ସମ୍ଭବ ହୁଏ । ବାସ୍ତବରେ, ତାରଙ୍ଗ ପରିଘଟଣା ସର୍ବବ୍ୟାପୀ ।

ଆମର ସଙ୍ଗୀତ ବାଦ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର, ରେଡ଼ିଓ, ଟିଭି ଇତ୍ୟାଦିର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝିବା ନିମିତ୍ତ ଆମର ତରଙ୍ଗ ପରିଘଟଣା ବୁଝିବା ଆବଶ୍ୟକ । ତରଙ୍ଗ ବିନା ଆମର ଜୀବନ ଶୈଳୀର ମାନ ତୁମେ କଳ୍ପନା କରି ପାରିବ ? ଏହି ପାଠ୍ୟକ୍ରମରେ ତୁମେ ତରଙ୍ଗ ଓ ତରଙ୍ଗ ପରିଘଟଣାର ମୌଳିକ ତତ୍ତ୍ୱ ଜାଣିବ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

- *ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ବୁଝାଇ ପାରିବ ଏବଂ ସୂତ୍ର* $u = nl$ *ସାବ୍ୟସ୍ତ କରି ପାରିବ ।*
- *ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ନିମିତ୍ତ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ଲେଖି ପାରିବ ଏବଂ ଲାପ୍ଲାସେଙ୍କ ସଂଶୋଧନ ବୁଝାଇ ପାରିବ ।*
- *ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରସାରଣ ବେଗ ନିର୍ଭର କରୁଥିବା କାରକ (factor)ସଂପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରି ପାରିବ ।*
- *ଏକ ବିସ୍ତାରିତ (stretched) ତନ୍ତୁରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ଅଧ୍ୟାରୋପଣ (super position) ତତ୍ତ୍ୱକୁ ଭିତ୍ତିକରି ତରଙ୍ଗରେ ବିସ୍ପନ୍ଦକ (beat), ବ୍ୟତିକରଣ (interference) ଏବଂ ତରଙ୍ଗରେ କଳା ପରିବର୍ତ୍ତନ ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି ବୁଝାଇ ପାରିବ ଏବଂ ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍ ଓ ବିସ୍ତାରିତ ତନ୍ତୁରେ ସଂନାଦୀ (harmonics) ସୃଷ୍ଟି ଆଲୋଚନା କରି ପାରିବ ।*

- ଡପଲର୍ ପ୍ରଭାବ ଆଲୋଚନା କରିପାରିବ ଏବଂ ଏହାକୁ ଯାନ୍ତ୍ରୀକୀ ଓ ଆଲୋକୀୟ ତନ୍ତ୍ରରେ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ।
- ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଧର୍ମ ବୁଝାଇ ପାରିବ; ଏବଂ
- ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶର ତରଙ୍ଗ ପରାସ (range) ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ।

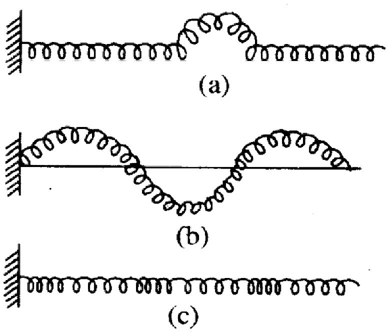
ଟିପ୍ପଣୀ

14.1. ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ

କୁଟା ଖଣ୍ଡର ଗତିରୁ ତୁମେ ହୁଏତ ଭାବିବ ଯେ ତରଙ୍ଗରେ ଶକ୍ତି ଅଛି; ଏମାନେ ଜଡ଼କୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ଜୁଆର ତରଙ୍ଗରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟଭାବେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳେ । ସୁନାମି ତରଙ୍ଗ ଯୋଗୁଁ ଇଣ୍ଡୋନେସିଆ, ଥାଇଲ୍ୟାଣ୍ଡ, ଶ୍ରୀଲଙ୍କା ଏବଂ ଭାରତ ବର୍ଷରେ ହୋଇଥିବା ବିଭୀଷିକା ତୁମର ମନେ ଅଛି ? ଗଭୀର ସମୁଦ୍ରର ଭୂକମ୍ପ ଯୋଗୁଁ 20 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାର ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିଲା ଏବଂ ସେଥିପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ ଜୀବନ ହାନି ହୋଇଥିଲା ।

ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗ କିପରି ଗତିକରେ ବୁଝିବାକୁ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷାଟି କରାଯାଉ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 14.1



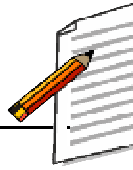
ଚିତ୍ର 14 ଏକ ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ତରଙ୍ଗଗତି
(a) ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ପନ୍ଦ
(b) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ
(c) ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ

ସ୍ଲିଙ୍କି (slinky) କୁହାଯାଉଥିବା ଏକ ଲମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳାକୃତି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ନିଅ ଏବଂ ଏହାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବାନ୍ଧି ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡଟି ମୁକ୍ତ ରଖି ଏକ ଚିକ୍କଣ ଚଟାଣ ବା ଟେବୁଲ୍ ଉପରେ ପ୍ରସାରିତ କରି ରଖ । ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତଟିକୁ ହାତରେ ଧର ଏବଂ ଗୋଟିଏ ପଟକୁ ଥରେ ଝିଙ୍କି ଦିଅ [ଚିତ୍ର 14.1(a)] । ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ଏକ ବିଭଙ୍ଗ (kink) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି ଏବଂ ଏହା ବନ୍ଧା ହୋଇଥିବା ପ୍ରାନ୍ତ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଏହି ବିଭଙ୍ଗ ଏକ କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ ତରଙ୍ଗ । ସ୍ଲିଙ୍କିର ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ବାମ-ଡାହାଣ ଦିଗରେ ଝିଙ୍କ । ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ଏକ ସ୍ପନ୍ଦଧାରା (pulse train) ବନ୍ଧା ହୋଇଥିବା ପ୍ରାନ୍ତ ଦିଗରେ ଯାତ୍ରା କରୁଛି । ଏହା ହେଉଛି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ଗତିଶୀଳ **ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ** [ଚିତ୍ର 14.1 (b)] ।

ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ତୁମେ ଆଉ ଏକ ଶ୍ରେଣୀର ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି କରି ପାରିବ । ଏଥିପାଇଁ ତୁମେ ସ୍ଲିଙ୍କିକୁ ସିଧା ରଖ ଏବଂ ଏହାକୁ ଏହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଚାପି ଦିଅ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ଏକ ସଂପୀଡ଼ନ ସ୍ପନ୍ଦ (pulse of compression) ଗତି କରିବ । ତୁମ ହାତକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହାରରେ ଆଗ-ପଛ କରି ତୁମେ ଦେଖିପାରିବ ଯେ ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ (rarefaction) ସ୍ପନ୍ଦମାନେ ସ୍ଲିଙ୍କିର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଗତି କରିବ । ଏମାନଙ୍କୁ **ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ** ଚିତ୍ର 14.1 (c) କୁହାଯାଏ ।

14.1.1 ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ

ଚିତ୍ର 14.2 କୁ ଦେଖ । ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣର ଏହା ଏକ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କଳ୍ପଚିତ୍ର (model) । ଏଠାରେ ଗୁଡ଼ିଏ ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲାକାର ବଲ୍ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ଏକାଭଳି ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ଗୋଟିଏ ଧାଡ଼ିରେ ଅଛନ୍ତି । ମନେକର କୌଣସି ଉପାୟରେ ବାମପଟୁ ପ୍ରଥମ ବଲ୍‌ଟିକୁ ବଲ୍ ଧାଡ଼ିଟି ପ୍ରତି T ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଦୋଳନ କରାଗଲା । ବିରାମର ସ୍ଥାଣୁତା (inertia of rest) ଯୋଗୁଁ ଅନ୍ୟ ବଲ୍‌ମାନ ଏକ ସମୟରେ ଦୋଳନ କରିବେ ନାହିଁ । ଗତି ଗୋଟିଏ ବଲ୍‌ରୁ ପରବର୍ତ୍ତୀ ବଲ୍‌କୁ ଗୋଟିଏ ପରେ ଗୋଟିଏ ହସ୍ତାନ୍ତର ହୁଏ ।



ମନେକର, ଗୋଟିଏ ବଲ୍‌ରୁ ପରବର୍ତ୍ତୀ ବଲ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିକ୍ଷୋଭ (disturbance) ଗତି କରିବାକୁ $T/8$ ସେକେଣ୍ଡ୍ ନିଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ $T/8$ ସମୟ ବେଳକୁ ବିକ୍ଷୋଭ 1 ଚିହ୍ନରେ ଥିବା କଣିକାରୁ 2 ଚିହ୍ନରେ ଥିବା କଣିକା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତି କରିବ । ସେହିଭଳି ପରବର୍ତ୍ତୀ $T/8$ ବ୍ୟବଧାନରେ, ବିକ୍ଷୋଭ ଗତି କରିବ 2 ଚିହ୍ନରେ ଥିବା କଣିକାରୁ 3 ଚିହ୍ନରେ ଥିବା କଣିକା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏବଂ ଏହି ଭଳି ଚାଲିବ । ଚିତ୍ର 14.2 ରେ a ରୁ i ଭାଗ ରେ ଆମେ ସମସ୍ତ ନଅଟି ଚିହ୍ନିତ ସ୍ଥାନରେ $T/8$ ବ୍ୟବହାର କଣିକାମାନଙ୍କର ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ (instantaneous) ଅବସ୍ଥାନ ସୂଚାଉଛୁ । (ବିଭିନ୍ନ ଚିହ୍ନିତ ସ୍ଥାନରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରିବାକୁ ଯାଉଛନ୍ତି, ତାହା ତାହାର ଚିହ୍ନ ସୂଚାଉଛି ।)

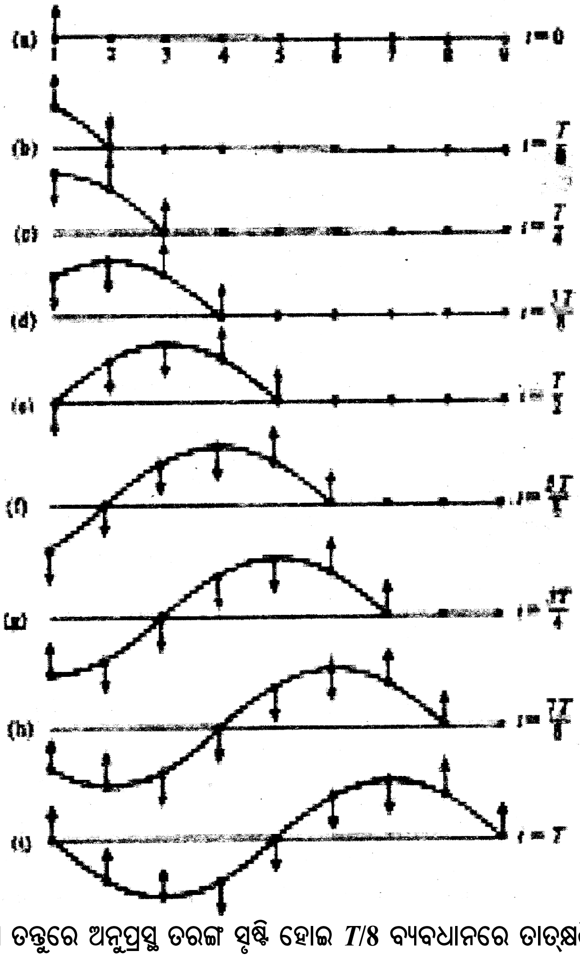
ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ,

(i) $t = 0$ ବେଳେ, ସମସ୍ତ କଣିକା ସେମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅଛନ୍ତି ।

(ii) $t = T$ ବେଳେ, ପ୍ରଥମ ପଞ୍ଚମ ଓ ନବମ କଣିକାମାନଙ୍କ ମାଧ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅଛନ୍ତି ।

ପ୍ରଥମ ଓ ନବମ କଣିକା ଉପରକୁ ଉଠିବା ଆରମ୍ଭ କରିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଅଥଚ ପଞ୍ଚମ କଣିକାଟି ତଳକୁ ଯିବା ଆରମ୍ଭ କରିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି । ତୃତୀୟ ଓ ସପ୍ତମ କଣିକାର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିସ୍ଥାପନ କିନ୍ତୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷର ବିପରୀତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅଛନ୍ତି । ଚିତ୍ର 14.2(a) ରେ ଚିହ୍ନିତ ଅବସ୍ଥାନରେ ଥିବା କଣିକାମାନଙ୍କର ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ଅବସ୍ଥାନକୁ ଯୋଗ କଲେ ଚିତ୍ର 14.2(i) ଅନୁରୂପ ହେବ ଏବଂ ଏହା ଏକ **ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର** ପ୍ରତିରୂପ । ତୃତୀୟ ଓ ସପ୍ତମ କଣିକାର ଅବସ୍ଥାନକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀ (trough) ଓ ଶିଖର (crest) କୁହାଯାଏ ।

ଏଠି ଅସଲ କଥା ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ ତନ୍ତୁ ବା ସୂତାରେ ତରଙ୍ଗ ଗତି ସମୟରେ ତନ୍ତୁର ସମସ୍ତ କଣିକା ସେମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନ ପ୍ରତି ସମାନ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ (T) ଓ ଆୟାମ (A) ରେ ଉପର-ତଳ ଦୋଳନ କରୁଛନ୍ତି । ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ତରଙ୍ଗ ପ୍ରଗାମୀ ରହେ ।



ଚିତ୍ର14.2:ଗୋଟିଏ ତନ୍ତୁରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ $T/8$ ବ୍ୟବଧାନରେ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ପ୍ରତିରୂପ (Profile)

ଏକ ତରଙ୍ଗ ଗତିରେ, ସମାନ କଳାରେ କଂପନ୍ନରତ ଦୁଇଟି ନିକଟତମ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱକୁ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ 1 ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଯାଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଏକ ତରଙ୍ଗ 1 ଦୂରତା ଗତି କରିବାକୁ ସମୟ T ନିଏ (ଚିତ୍ର 14.2 ଦେଖ) । ତେଣୁ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ ହେଉଛି $u = \frac{\text{ଦୂରତା}}{\text{ସମୟ}} = \frac{\lambda}{T}$ (14.1)

କିନ୍ତୁ $1/T = n$, ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ।

ତେଣୁ $u = nl$ (14.2)

ପୁନଶ୍ଚ, ଗତିର ସମାନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ନିକଟତମ କଣିକା ଯଦି ପରସ୍ପର ଠାରୁ 1 ଦୂରତ୍ୱରେ ରହନ୍ତି, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଳା ପାର୍ଥକ୍ୟ ବା କଳାନ୍ତର 2p ଅଟେ । ତେଣୁ ଏକକ ଦୂରତ୍ୱ ପାଇଁ

$k = 2p/l$ (14.3)

ଆମେ k କୁ ପ୍ରସାରଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କହୁ । ତୁମର ମନେ ଥିବ ଯେ ଏକକ ଦୂରତ୍ୱ ପାଇଁ କଳାନ୍ତର ସୂଚାଏ w । କିନ୍ତୁ T ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ହେଉଛି 2p । ତେଣୁ

$w = 2p/T = 2pn$ (14.4)

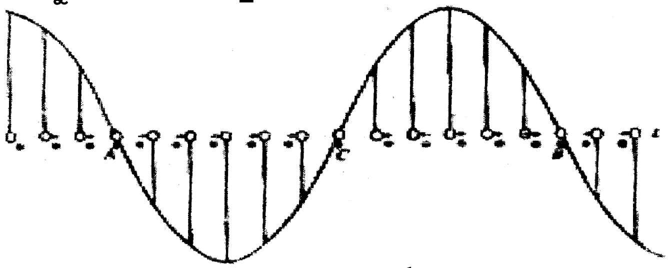
ସମୀକରଣ (14.3) କୁ ସମୀକରଣ (14.4) ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କରି ତରଙ୍ଗ ପରିବେଗ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଆମେ ପାଉ :

$$u = w/k = \frac{2\pi\nu}{2\pi/\lambda}$$

ଅଥବା $u = nl$ (14.5)

ଏଥର ଆମେ ଦେଖିବା ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ କିପରି ହୁଏ ।

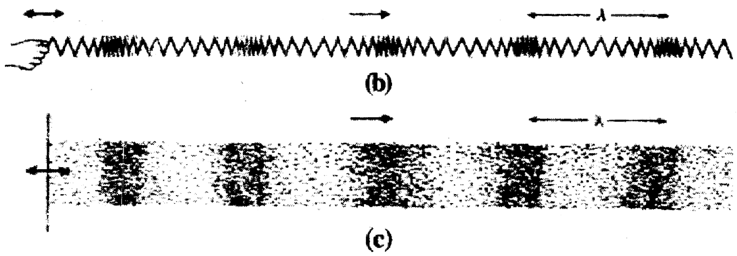
14.1.2 ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ



ଚିତ୍ର 14.3 : ଏକ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ଆଲେଖୀୟ ପ୍ରତିରୂପ

ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗରେ କଣିକମାନଙ୍କର ବିସ୍ଥାପନ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ଦିଗରେ ହୁଏ । ଚିତ୍ର 14.3 ରେ ଫାଙ୍କା ବୃତ୍ତଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ସମ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ କଣିକାମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନ । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଧିଷ୍ଟ ସମୟରେ ସେମାନଙ୍କର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିସ୍ଥାପନ (ବରଂ ବର୍ଦ୍ଧିତ) ତୀର ଚିହ୍ନ ଦର୍ଶାଉଛି । ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବ ଯେ ତୀର ମାନଙ୍କର ଲମ୍ବ ସମାନ ନୁହେଁ କି ସମସ୍ତେ ଗୋଟିଏ ଦିଗକୁ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁନାହାନ୍ତି । ତୀରର ଅଗ୍ରଭାଗ କଣିକାର ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ଅବସ୍ଥାନ ସୂଚାଏ । ସେଇଠି ଦିଆଯାଇଥିବା ଘନ ବୃତ୍ତ ମାନଙ୍କରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ । ଡାହାଣ ପଟକୁ ବିସ୍ଥାପନ + y ଅକ୍ଷ ଆଡ଼କୁ ଏବଂ ବାମ ପଟକୁ ବିସ୍ଥାପନ - y ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ଡାହାଣ ଦିଗକୁ ଦେଖାଯାଉ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ତୀର ପାଇଁ ଆମେ ଏକ ଆନୁପାତିକ ଉପର ମୁହାଁ ସରଳରେଖା ଅଙ୍କନ କରିବା । ସେହିଭଳି ବାମ ଦିଗକୁ ଦେଖାଉଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ତୀର ପାଇଁ ଏକ ଆନୁପାତିକ ତଳମୁହାଁ ସରଳରେଖା



ଚିତ୍ର 14.4 : ଏକ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଅନୁରୂପ

ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ । ଏହି ସରଳରେଖାମାନଙ୍କରୁ ଅଗ୍ରକୁ ସଂଯୁକ୍ତ କରି ଏକ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ (smooth) ବକ୍ରଲେଖ ଅଙ୍କନ କଲେ ଆମେ ଦେଖିବା ଯେ ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ବିସ୍ଥାପନ-କାଳ ଚକ୍ରଲେଖ ଅନୁରୂପ ହେବ । ଆମେ ଘନବୃତ୍ତକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କଲେ ଦେଖିବା ଯେ A ଏବଂ B ନିକଟରେ କଣିକାମାନ ଗହଳ ହୋଇଛନ୍ତି ଅଥଚ C ପାଖରେ ସେମାନେ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ଦୂରେଇ ଯାଇଛନ୍ତି । ଏମାନେ ସଂପୀଡ଼ନ କ୍ଷେତ୍ର ଓ ବିରଳନ କ୍ଷେତକୁ ସୂଚାଉଛନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ଠାରୁ ସାନ୍ଦ୍ରତା (ଚାପ) ଅଧିକ ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା କମ୍ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ରମାନ ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ଅଛନ୍ତି । ବାୟୁରେ ପ୍ରସାରିତ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ତୁମେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ସହିତ ଯଥେଷ୍ଟ ସାଦୃଶ୍ୟ ଅଛି (ଚିତ୍ର 14.4)

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ ନିମିତ୍ତ ସମୀକରଣ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରିବା ।

14.1.3. ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗର ଏକ ବିମିତୀୟ ସମୀକରଣ

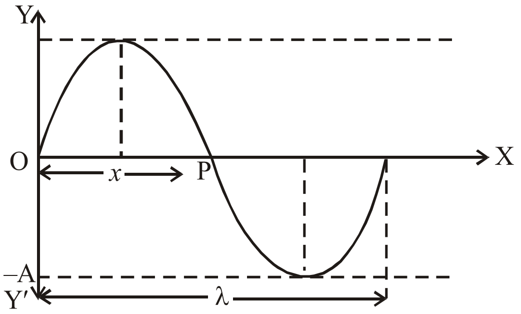
OX- ଦିଗରେ (ଚିତ୍ର 14.5) ଗତିଶୀଳ ଏକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ କଥା ବିଚାର କରାଯାଉ । ଆମେ ଧରିନେବା ଯେ ତରଙ୍ଗଟି ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଏବଂ କଣିକାମାନଙ୍କ YOY' ପଥରେ କଂପନ କରୁଛନ୍ତି । $t = 0$ ରେ ବିସ୍ଥାପନକୁ ସୂଚାଇବା,

$$y = a \sin wt \qquad (14.6)$$

ତେବେ P ବିନ୍ଦୁରେ ସେହି ସମୟରେ କଂପନର କଳା f ପରିମାଣର ପଛୁଆ (lag) ରହେ । ତେଣୁ

$$y = a \sin (wt - f) \qquad (14.7)$$

ମନେକର OP = x । ଏକକ ଦୂରତ୍ୱ ପାଇଁ କଳା ପରିବର୍ତ୍ତନ k ହୋଇଥିବାରୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା, $f = kx$ ତେଣୁ ସମୀକରଣ (14.7) ର ରୂପ ନେଇ ପାରିବା,



ଚିତ୍ର 14.5 : x-ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ

$$y\,(x, t) = a \sin (wt - kx) \qquad (14.8)$$

ପୁନଶ୍ଚ $w = 2p/t$ ଏବଂ $k = 2p/l$ ହେଉଥିବାରୁ, ସମୀକରଣ 14.8 ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$y\,(x, t) = a \sin 2p \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \qquad (14.9)$$

ପରିବେଗ $(u = 1/T)$ ସଂଜ୍ଞାରେ ସମୀକରଣଟି ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(u\ t - x) \qquad (14.10)$$

ସମୀକରଣ (14.8) ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରିବାକୁ O ରେ ଆମେ ପ୍ରାରମ୍ଭ କଳାକୁ ଶୂନ୍ ନେଇଛେ । କିନ୍ତୁ O ରେ ପ୍ରାରମ୍ଭକଳା f_o ହେଲେ, ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ ହେବ,

$$y\,(x,\,t) = a \sin\,[(wt - kx) + f_o] \qquad (14.11)$$

ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗରେ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର

OX ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ଦୁଇଟି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ ବିଷୟ ବିଚାର କରାଯାଉ । ଏମାନଙ୍କ ପାଇଁ ସମୀକରଣ ହେଉଛି,

$$y = a \sin\,(wt - kx) \qquad (14.8)$$

ଏବଂ $y = a \sin\,[wt - k\,(x + Dx)]$ (14.12)

ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର,

$$Df = kDx = \frac{2\pi}{\lambda}\,Dx = -\frac{2\pi}{\lambda}\,(x_2 - x_1) \qquad (14.13)$$

ଏଠାରେ Dx ହେଉଛି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ପଥ ପାର୍ଥକ୍ୟ ବା ଦୂରତ୍ୱ । ଏଠାରେ ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଉଛି ଯେ ପରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ କଳା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ସମାନ ମୂଲ୍ୟର ହେବ ।

ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରେ Dt ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ କଳାନ୍ତର :

ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରେ Dt ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ କଥା ଆମେ ବିଚାର କରିବା । ପ୍ରଥମ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ କଳା f ହେଉଛି $\quad f_1 = \frac{2\pi}{T}t_1 - \frac{2\pi}{\lambda}x$

ଏବଂ ଅନ୍ୟ ତରଙ୍ଗଟି ପାଇଁ କଳା $\quad f_2 = \frac{2\pi}{T}t_2 - \frac{2\pi}{\lambda}x$

ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର,

$$Df = f_2 - f_1 = \frac{2\pi}{T}(t_2 - t_1)$$

$$= 2pn\;(t_2 - t_1) \qquad [14.13(a)]$$

$$= 2pn\;(Dx) \qquad [14.13.(b)]$$

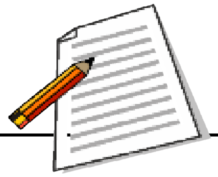
ଉଦାହରଣ 14.1 :

$y = 10^{-4} \sin\,(100\,\pi t - 0.1\,\pi x)$ ସମୀକରଣ ଏକ ପ୍ରଗାମୀ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ ସୂଚାଉଛି । ହିସାବ କର, ଏହାର (i) ଆବୃତ୍ତି (ii) ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ (iii) ପରିବେଗ । ଏଠାରେ y ଏବଂ x ମିଟରରେ ଦିଆଯାଇଛି ।

ସମାଧାନ :

ପ୍ରଗାମୀ ସମୀକରଣ ନିମିତ୍ତ ମାନକ ସମୀକରଣ

$$y = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$ ସହ ତୁଳନା କଲେ



ଟିପ୍ପଣୀ

ଆମେ ପାଇବୁ,

(i) $2pn = 100p$ Þ $n = 50$ ହର୍ଜ

(ii) $\frac{2\pi}{\lambda} = 0.1p$ Þ $\lambda = 20$ ମିଟର୍

(iii) $u = n\lambda = 1000\,ms^{-1}$]

14.1.4 ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ତୁଳନା

ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କ ସଂପର୍କରେ ଚିନ୍ତା କରିବା ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟର ସାରାଂଶ ଦେବା ।

ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ	ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ
(i) କଣିକାମାନଙ୍କର ବିସ୍ଥାପନ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ଦିଗ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ।	(i) କଣିକାମାନଙ୍କର ବିସ୍ଥାପନ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ଦିଗରେ ।
(ii) ମାଧ୍ୟମରେ ଶିଖର ଓ ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀର ପ୍ରସାରିତ ହେଲା ଭଳି ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଦେଖାଯାଏ ।	(ii) ଏକାନ୍ତର ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ପ୍ରସାରଣ ଆଗକୁ ଗତି କଲାଭଳି ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଦେଖାଯାଏ ।
(iii) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ କେବଳ ଘନ ମାଧ୍ୟମରେ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶରେ ସଞ୍ଚାରିତ ହୋଇପାରେ ।	(iii) ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଘନ, ତରଳ ଏବଂ ଗ୍ୟାସୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ସଞ୍ଚାରିତ ହୋଇପାରେ ।
(iv) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିସ୍ଥାପନ-ତରଙ୍ଗର ଗ୍ରାଫ୍ ତରଙ୍ଗର ଅବିକଳ ପ୍ରତିରୂପ ଦିଏ ।	(iv) ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁରେ କଣିକାମାନଙ୍କର ବିସ୍ଥାପନ ଏହି ଗ୍ରାଫ୍ ସୂଚାଏ ।

ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଯାନ୍ତ୍ରିକୀ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ନିମନ୍ତେ **ମାଧ୍ୟମର ଅନିର୍ବାର୍ଯ୍ୟ** (essential) **ଧର୍ମମାନ ହେଉଛି :** (i) ମାଧ୍ୟମର କଣିକାମାନଙ୍କର ନିଶ୍ଚୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବ, (ii) ମାଧ୍ୟମର ନିଶ୍ଚୟ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକତା ଥିବ । ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ନିମିତ୍ତ ମାଧ୍ୟମର ଆୟତନ ସ୍ଥିତି ସ୍ଥାପକତା ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ କିନ୍ତୁ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଦୃଢ଼ତା ଗୁଣାଙ୍କ ଆବଶ୍ୟକ କରେ । ଅବଶ୍ୟ, ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରସାରଣ ନିମିତ୍ତ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମ ଆବଶ୍ୟକ କରନ୍ତି ନାହିଁ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ - 14.1

1. ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

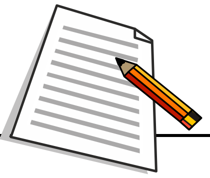
....

2. କଳାନ୍ତର ଏବଂ ପଥ ପାର୍ଥକ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ଲେଖ ।

....

3. $y_1 = a \sin(wt - kx)$ ଏବଂ $y_2 = a \sin[(wt + kx) + f]$ ଦ୍ୱାରା ଦୁଇଟି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗ ସୂଚାଯାଇଛି । ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର କେତେ ?

....



ଟିପ୍ପଣୀ

14.2 ଏକ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ମାଧ୍ୟମରେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ

14.2.1 ଗ୍ୟାସୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିମିତ୍ତ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସମୀକରଣ

ଏକ ଗ୍ୟାସୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିମିତ୍ତ ଏକ ସଂପର୍କ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରିବାକୁ ନିଉଟନ୍ ଧରିନେଲେ ଯେ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ବେଳେ ସୃଷ୍ଟ ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ ସମୋଷ୍ଣ ଅବସ୍ଥାରେ ସଂପାଦିତ ହୁଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଆୟତନ ଏବଂ ଚାପର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏକ ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ ହୁଏ । ଏହିଭଳି ଅବସ୍ଥାରେ, ନିଉଟନ୍ ସ୍ୱୀକାର କଲେ ଯେ ଏକ ଗ୍ୟାସୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ପାଇଁ ସୂତ୍ର ହେଉଛି

$$u = \sqrt{\frac{P}{\rho}} \qquad (14.15)$$

ବାୟୁ ପାଇଁ, ମାନକ ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ ଚାପ $P = 1.01 \times 10^5\ Nm^{-2}$ ଏବଂ $\rho = 1.29\ kg\ m^{-3}$, ସମୀକରଣ (14.15) ରେ ପ୍ରୟୋଗ କରି, ଆମେ ପାଇବୁ

$$u = \sqrt{1.01 \times 10^5 / 1.29} = 280\ ms^{-1}$$

ବାଦଲମାନଙ୍କ ସଂଘର୍ଷରୁ ଘଡ଼ଘଡ଼ି ଓ ବିଜୁଳୀ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଘଡ଼ଘଡ଼ିର ଧ୍ୱନି ଆମେ ବିଜୁଳି ଦେଖିବା ପରେ ଶୁଣୁ । ଏହାର କାରଣ ଆଲୋକର ପରିବେଗ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ତୁଳନାରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ । ବିଜୁଳି ଆଲୋକ ଦେଖିବା ଓ ଘଡ଼ଘଡ଼ିର ଧ୍ୱନି ଶୁଣିବା ମଧ୍ୟରେ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ ମାପି ଆମେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ନିରୂପଣ କରି ପାରିବା । ଏକ ଉନ୍ନତ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରୟୋଗ କରି ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 0^0Cରେ $333 ms^{-1}$ ବୋଲି ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇଛି । ପରୀକ୍ଷାରୁ ମିଳୁଥିବା ମୂଲ୍ୟ ତୁଳନାରେ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ମୂଲ୍ୟରେ ଶତକଡ଼ା ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି,

$\frac{333 - 280}{333} \times 100\% = 16\%$ । ଏହି ତ୍ରୁଟି ଏତେ ଅଧିକ ଯେ ଏହା ପରୀକ୍ଷାର ତ୍ରୁଟି କୁହାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କର ଯେଉଁ ଧାରଣା ଯେ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରସାରଣ ସମୟରେ ବାୟୁରେ ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ ସମୋଷ୍ଣ ଅବସ୍ଥାରେ ହୁଏ, ସେଥିରେ ନିଶ୍ଚୟ କିଛି ତ୍ରୁଟି ଅଛି ।

14.2.2 ଲାପ୍ଲାସ୍‌ଙ୍କ ସଂଶୋଧନ

ଲାପ୍ଲାସ୍ ଦର୍ଶାଇଲେ ଯେ ଧ୍ୱନିର ପ୍ରସାରଣ ସମୟରେ ବାୟୁ ସ୍ତରମାନଙ୍କର ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ରୁଦ୍ଧତାପୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ କାରଣମାନଙ୍କ ଯୋଗୁଁ ହୁଏ ।

(i) ବାୟୁ ତାପର କୁପରିବାହୀ ଏବଂ

(ii) ଧ୍ୱନି ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ ଏତେ ଦ୍ରୁତ ବେଗରେ ହୁଏ ଯେ ସେହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ସଂପୀଡ଼ନ କାଳରେ ବାହାରକୁ ଏବଂ ବିରଳନ ସମୟରେ ଭିତରକୁ ତାପ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ରୁଦ୍ଧତାପୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ, $E = \gamma P$,

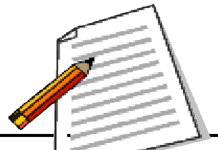
ଏଠାରେ $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

ତେଣୁ, $u = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \qquad (14.16)$

ବାୟୁ ପାଇଁ, $\gamma = 1.4$ ତେଣୁ ମାନକ ତାପମାତ୍ରାରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ହେଉଛି,

$$u = \sqrt{1.4 \times 1.01 \times 10^5 / 1.29} = 333\ ms^{-1}$$

ଏହି ମୂଲ୍ୟ ପରୀକ୍ଷାଲବ୍ଧ ମୂଲ୍ୟର ପାଖାପାଖି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

14.2.3 ଗ୍ୟାସୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରୁଥିବା କାରକମାନ -

(Factors affecting velocity of sound in a gas)

(i) ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବ

ଲାପ୍ଲାସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ରରୁ $u = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$

ଯେହେତୁ ସାନ୍ଦ୍ରତା r ହେଉଛି ଏକକ ଆୟତନ ନିମନ୍ତେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ଏହି ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ ।

$$= \sqrt{\frac{\gamma PV}{M}}$$

ଅବସ୍ଥା ସମୀକରଣ $PV = nRT$ (m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ମୋଲ୍‌ର ସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି n) ବ୍ୟବହାର କରି,

$$u = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M/n}}$$

$$= \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}} \qquad [14.17\,(a)]$$

ଏଠାରେ m ହେଉଛି ଗ୍ରାମ ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ । ଏଥିରୁ ମିଳୁଛି

u a $\sqrt{T}$

$$Þu = u_0\left(1 + \frac{t}{2 \times 273}\right) + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\simeq 333 + \frac{333}{546}t$$

$$\simeq 333 + 0.61t \qquad (14.17b)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟକର, ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ଏକ ଡ୍ରିଗୀ ସେଲ୍‌ସିୟସ୍ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 0.61 ମିଟର୍ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

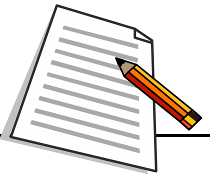
(ii) ଚାପର ପ୍ରଭାବ

ଆମେ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଚାପ ବୃଦ୍ଧି କଲେ, ଏହା ସଂପୀଡ଼ିତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟ ସମାନ ଅନୁପାତରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{P}{\rho}$ ମୂଲ୍ୟ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ ଚାପର କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ନାହିଁ ।

(iii) **ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପ୍ରଭାବ :** ସମାନ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ ସମୀକରଣ u a $\frac{1}{\sqrt{\rho}}$ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଉ ।

ଅକ୍ସିଜେନ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ତୁଳନା କଲେ, ଆମେ ପାଇବୁ,

$$\frac{u_{\text{ଅକ୍ସିଜେନ୍}}}{u_{\text{ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍}}} = \sqrt{\frac{r_{\text{ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍}}}{r_{\text{ଅକ୍ସିଜେନ୍}}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍}}}{M_{\text{ଅକ୍ସିଜେନ୍}}}} = \sqrt{\frac{2}{32}} = \frac{1}{4}$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି, ସମାନ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଅକ୍ସିଜେନ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗର 4 ଗୁଣ । ଏହି ଫଳ ତରଳ ଓ ଘନ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ କି ? ପରବର୍ତ୍ତୀ ଉପାଂଶରେ ତୁମେ ଏହି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ପାଇବ ।

(iv) ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଉପରେ ଆର୍ଦ୍ରତାର ପ୍ରଭାବ

ବାୟୁରେ ଆର୍ଦ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ (ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହି), ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଏ ଏବଂ ତେଣୁ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

ଉଦାହରଣ 14.2 : କେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ମାନକ ତାପମାତ୍ରାରେ ପରିବେଗର ଦୁଇଗୁଣ ?

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣିଛୁ, $\frac{\upsilon}{\upsilon_0} = \sqrt{\frac{T}{m}} = 2 = \sqrt{\frac{T}{273}}$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱର ବର୍ଗ ନେଇ ଏବଂ ପଦମାନଙ୍କର ପୁର୍ନବିନ୍ୟାସ କରି, ଆମେ ପାଇବା,

$T = 273 \times 4 = 1092$ K]

14.2.4 ଏକ ବିସ୍ତାରିତ ତନ୍ତୁରେ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ

(Velocity of waves in stretched string)

ଏକ ବିସ୍ତାରିତ ତନ୍ତୁରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ,

$$u = \sqrt{F/m} \qquad (14.18a)$$

ଏଠାରେ F ହେଉଛି ତନ୍ତୁରେ ଟାନ (tension) ଏବଂ m ହେଉଛି ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ତାରର ବସ୍ତୁତ୍ୱ । ଏକ ପ୍ରତିସ୍ଥାପକ ମାଧ୍ୟମରେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ ହେବ ।

$$u = \sqrt{E/\rho} \qquad (14.18b)$$

ଏଠାରେ E ହେଉଛି ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଗୁଣାଙ୍କ । ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର ବିଷୟ ଯେ ଘନ ମାଧ୍ୟମରେ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଗୁଣାଙ୍କ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଘନ ମାଧ୍ୟମରେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ ଗ୍ୟାସ ଓ ତରଳ ମାଧ୍ୟମ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ।

ବାସ୍ତବରେ, $u_g < u_l < u_S$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.2

1. ନିଉଟନ୍ ତାଙ୍କ ସୂତ୍ର ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ ସମୟରେ ସ୍ୱୀକାର କ'ଣ ଥିଲା ?

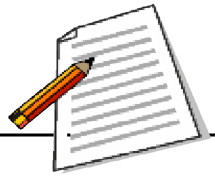
....

2. ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ରରେ କି ତ୍ରୁଟି ଥିଲା ?

....

3. ଦର୍ଶାଅ, 1^0C ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 0.61 ମିଟର୍ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

....



ଟିପ୍ପଣୀ

4. କେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ଏହାର $7^{0}C$ ରେ ମୂଲ୍ୟ ତୁଳନାରେ (3/2) ଗୁଣ ହୁଏ, ହିସାବ କର ।

....

5. ଏକ ବିସ୍ତାରିତ ତନ୍ତୁରେ ତରଙ୍ଗ ପରିବେଗ ନିମିତ୍ତ ସୂତ୍ର ଲେଖ ।

....

6. ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଥିବା ଏକ ତନ୍ତୁରେ ଥିବା ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1 ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି n ହେଉ । n, 1, F ଏବଂ m ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କଟି ଲେଖ । ପୁନଶ୍ଚ, $1 = 2l$ ହେଲେ, n, l, F ଓ m ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ କ'ଣ ହେବ ?

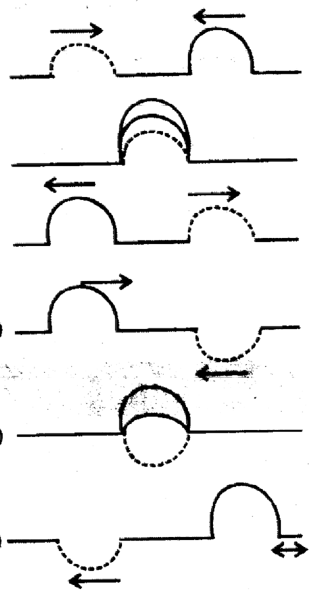
....

14.3 ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ (Superposition of waves)

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ଭେଟିଲେ କ'ଣ ହୁଏ ? ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ନଷ୍ଟ କରିଦିଅନ୍ତି କି ? ଏ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ପାଇବାକୁ ଗୋଟିଏ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଉ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 14.2

ଚିତ୍ର 14.6 (a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଭିନ୍ନ ଆୟାମର ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ଶିଖର ଗୋଟିଏ ବିସ୍ତାରିତ ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଅ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କୁ ଯତ୍ନ ସହକାରେ ଦେଖ । ଶିଖରମାନ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ବିନ୍ଦୁରେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ଭେଟନ୍ତି ଏବଂ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ (superpose) ପରେ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ଅଲଗା ହୋଇଯା'ନ୍ତି । ପରସ୍ପରକୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ, ତାହାପରେ, ସେମାନେ ସେହି ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, ସେମାନଙ୍କର ଆକୃତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ, [ଚିତ୍ର 14.6 (c)] ।



ଚିତ୍ର 14.6 : ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ତତ୍ତ୍ୱର ଉଦାହରଣ

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିତ୍ର 14.6(d) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲା ଭଳି ଗୋଟିଏ ଶିଖର ଏବଂ ଗୋଟିଏ ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀ ସ୍ଲିଙ୍କିରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଅ । ଉଭୟ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ଭେଟନ୍ତି [ଚିତ୍ର 14.6 (e)], ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ତା ପରେ ପୃଥକ୍ ହୋଇଯା'ନ୍ତି । ପରସ୍ପରକୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ସେହି ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି ଏବଂ ଅତିକ୍ରମ ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକର ଥିବା ଆକୃତି ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ପରୀକ୍ଷାଟିର ପୁନରାବୃତ୍ତି କର ଏବଂ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ସ୍ପନ୍ଦ ଦ୍ୱୟର ଅଧିରୋପଣ ହୁଏ, ସେହି ସ୍ଥାନକୁ ଯତ୍ନ ସହକାରେ ନିରୀକ୍ଷଣ କର [ଚିତ୍ର 14.6 (b) ଏବଂ (e)] ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ଶିଖରମାନଙ୍କର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହେଲେ, ପରିଣାମୀ (resultant) ଅଧିକ ହୁଏ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ଶିଖରର ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀ ସହିତ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହୁଏ, ପରିଣାମୀ ଶିଖର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଆକାର କମିଯାଏ । ଆମେ ଏହି ଫଳାଫଳର ସାରାଂଶ ଏଭଳି ଭାବେ ଦେଇ ପାରିବା : **ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ଦୁଇ ସ୍ପନ୍ଦର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହୁଏ ସେଠାରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ଉଭୟ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିସ୍ଥାପନର ଭେକ୍ଟର୍ ମିଶ୍ରଣ ହେବ । ଏହାକୁ ଅଧ୍ୟାରୋପଣର ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।**

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହି ପ୍ରୟୋଗ କେବଳ ଯେ ଅଧାରୋପଣର ନିୟମ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁଛି ତା' ନୁହେଁ, ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖୁଛି ଯେ ଦୁଇ ବା ତତୋଧିକ ତରଙ୍ଗ ପରସ୍ପର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ନ ହୋଇ, ଗୋଟିଏ ସମାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତି କରିପାରନ୍ତି । ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ଏଭଳି ଗତି କରେ ଯେ ଯେପରିକି ଅନ୍ୟଟି ସେଠାରେ ନାହିଁ । ଏକା ସମୟରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବେତାର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ପ୍ରସାରିତ ହେଉଥିବା ତରଙ୍ଗମାନେ ଶୂନ୍ୟରେ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ଏହି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଧର୍ମ ଯୋଗୁଁ ଆମେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଟ୍ୟୁନ୍ (tune) କରିପାରୁଛୁ । ତରଙ୍ଗର ବ୍ୟତିକରଣ (interference), ବିସ୍ପନ୍ଦକ (beat) ଏବଂ ସ୍ଥିର ବା ଅଗ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ଭଳି ପରିଘଟଣାମାନ ବୁଝାଇବାକୁ ଆମେ ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରୁ ।

14.3.1. ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ସଞ୍ଚାରଣ

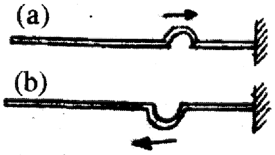
ତନ୍ତୁ ଓ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍‌ରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଯାନ୍ତ୍ରିକୀ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ଆମର ଆଲୋଚନା ଆମେ ସୀମିତ ରଖିବା । ଯେତେବେଳେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗର ଶିଖର ତନ୍ତୁର ଦୃଢ଼ ପ୍ରାନ୍ତଦିଗରେ ଗତି କରେ, ସେତେବେଳେ କ'ଣ ହୁଏ ଏବଂ କାହିଁକି ହୁଏ ? ଏହା ବୁଝିବାକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 14.3

ଏକ ସ୍ଥିର ଆଧାରରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଲିଙ୍କିର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡକୁ ଦୃଢ଼ କରି ବାନ୍ଧ [ଚିତ୍ର 14.7 (a)] । ସ୍ଲିଙ୍କିକୁ ଭୂସମାନ୍ତର ରଖି, ଏହାର ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ଝଟକା ଦିଅ ଯେପରିକି ଏକ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ଏବଂ ସ୍ଲିଙ୍କିର ସ୍ଥିର ଦୃଢ଼ ପ୍ରାନ୍ତ ଦିଗରେ ଗତି କରିବ [ଚିତ୍ର 14.7 (a)]

ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ସ୍ପନ୍ଦଟି ସ୍ଥିର ଦୃଢ଼ ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଫେରି ଆସେ । ଫେରିଲା ବେଳେ, ଶିଖର ଏକ ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଫେରି ଆସେ । ତୁମେ ଏହାର କାରଣ ଜାଣିଛ କି ? ସ୍ପନ୍ଦ ସ୍ଥିର ଦୃଢ଼ ପ୍ରାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିଲେ, ଆଧାର ଉପରେ ଏକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ବିପରୀତ ଦିଗର ସୃଷ୍ଟ ସମପରିମାଣର ପ୍ରତିବଳ ପ୍ରସାରଣର ଦିଗ ଓଲଟାଇବା ସହିତ ବିସ୍ଥାପନର ଦିଗ ମଧ୍ୟ ଓଲଟାଇ ଦିଏ [ଚିତ୍ର 14.7 (b)] । ସ୍ଲିଙ୍କି ତୁଳନାରେ ଆଧାର ଅଧିକ ଓଜନିଆ ହୋଇଥିବାରୁ, ଏହାକୁ ସାନ୍ଦ୍ର ମାଧ୍ୟମ ଧରା ଯାଇପାରେ । ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ସ୍ପନ୍ଦକୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ କୁହାଯାଏ । ତେଣୁ ଆମେ କହି ପାରିବା ଯେ **ଏକ ସାନ୍ଦ୍ର ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳନ ହେଲେ, ତରଙ୍ଗର p ପରିମାଣର କଳା ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ପ୍ରାବସ୍ଥା ଓଲଟି ଯାଏ ।**

ଏକ ବିରଳ ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳନ ହେଲେ କ'ଣ ହୁଏ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଦେଖିବା । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ନିମ୍ନଲିଖିତ କାର୍ଯ୍ୟଟି କର ।

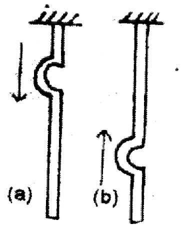


ଚିତ୍ର **14.7** : ଏକ ସାନ୍ଦ୍ର ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳନ : ପ୍ରବସ୍ଥାର ଉତ୍କ୍ରମଣ

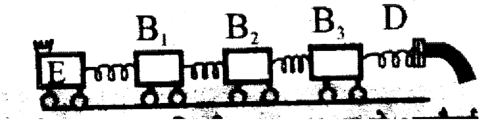
ତୁମ ପାଇଁ କାମ 14.4

ଏକ ରବର ନଳୀକୁ ଏକ ଦୃଢ଼ ଆଧାରରୁ ଝୁଲାଅ [ଚିତ୍ର 14.8(a)] । ତାପରେ ନଳୀରେ ନିମ୍ନଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଅ । ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପ୍ରତିଫଳନ ପରେ, ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗାମୀ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ବିସ୍ଥାପନର ଦିଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ଅର୍ଥାତ ଶିଖର ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରେ ଶିଖର ରୂପରେ । କାହିଁକି ?

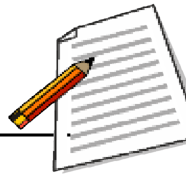
ନଳୀର ମୁକ୍ତପ୍ରାନ୍ତରେ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ ପହଞ୍ଚିଲେ ଏହା ଏକ ବିରଳ ସୀମାରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ । (ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ରବର ତୁଳନାରେ ବାୟୁ ଏକ ବିରଳ (rarer) ମାଧ୍ୟମ ।) ତେଣୁ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦର ବିସ୍ଥାପନର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଅତଏବ ଏକ ବିରଳ ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳନ ହେଲେ ପ୍ରାବସ୍ଥା ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ତୁମେ ପ୍ରଶ୍ନ କରିପାର: ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗମାନେ ଏକାଭଳି ଆଚରଣ କରନ୍ତି କି ? ଚିତ୍ର 14.9 କୁ ଦେଖ । ଏଥିରେ ଧାଡ଼ିଏ ଗାଡ଼ି ଡବା (boggy) ଦେଖାଯାଉଛି ।



ଚିତ୍ର 14.8 : (a) ସ୍ଥିର ଦୃଢ଼ ପ୍ରାନ୍ତ ଦିଗରେ ଏକ ନିମ୍ନମୁଖୀ ସ୍ପନ୍ଦ
(b) ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତରୁ ପ୍ରତିଫଳନ ପରେ ଏହାର ବିସ୍ଥାପନର ଦିଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ।



ଚିତ୍ର 14.9 : ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଏକ ସାନ୍ଦ୍ର ମାଧ୍ୟରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ- ଶ୍ରେଣୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ସଂକେତ ବଦଳେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ବର୍ତ୍ତମାନ ମନେକର ଇଂଜିନ E ଡାହାଣ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରୁଛି । ଇଂଜିନ E ଓ ପ୍ରଥମ ଡବା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଫର୍ (buffer) ସ୍ପ୍ରିଂଟି ସଂପୀଡ଼ିତ ହୁଏ ଏବଂ ଡବା B କୁ ଡାହାଣକୁ ଠେଲେ । ଏହା ପରେ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ନିଜର ପ୍ରକୃତ ଆକୃତିକୁ ଫେରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ । ସଂପୀଡିତ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ ପ୍ରସାରିତ ହେବା ଯୋଗୁଁ ପ୍ରଥମ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଡବା ମଧ୍ୟରେ ଏହା ସଂପୀଡ଼ିତ ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂପୀଡ଼ିତ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ ପ୍ରସାରିତ ହେବା ଯୋଗୁଁ ଏହା ତୃତୀୟ ବଗି ଦିଗରେ ସାମାନ୍ୟ ଘୁଞ୍ଚେ । ଏହି ଭଳି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ସଂପୀଡ଼ନ ଦୃଢ଼ ଆଧାର D ସହିତ ଲାଗିଥିବା ବଫର୍ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗରେ ପହଞ୍ଚେ । ଦୃଢ଼ ଆଧାର ଓ ଶେଷ ଡବା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ପ୍ରସାରିତ ହେଲେ, କେବଳ ଶେଷ ବଗିଟି ବାମ ଦିଗକୁ ଘୁଞ୍ଚେ । ଏହା ଫଳରେ, ବାମରେ ଥିବା ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦୁଇଟି ବଗି ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ବଫର୍ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ସଂପୀଡ଼ିତ ହୁଏ । ଇଂଜିନ ଏବଂ ଡାହାଣ ପଟେ ଥିବା ପ୍ରଥମ ଡବା ମଧ୍ୟରେ ସଂପୀଡ଼ନ ପହଞ୍ଚିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରହେ । ଏହିପରି ଏକ ସଂପୀଡ଼ନ ଏକ ସଂପୀଡ଼ନ ଭାବରେ ହିଁ ଫେରେ । କିନ୍ତୁ ଡବାମାନେ ବାମକୁ ଗତି କରନ୍ତି । ଏହି ଯାନ୍ତ୍ରିକୀ ପ୍ରତିରୂପରେ ବଫର୍ ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଓ ଡବାମାନେ ହେଉଛନ୍ତି ଏକ ମାଧ୍ୟମ । ଡବାଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛନ୍ତି ମାଧ୍ୟମର କଣିକାମାନ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ପ୍ରତିସ୍ଥାପକ ବଳ ଦର୍ଶାଯାଉଛି ।

ଅତଏବ୍, ଏକ ସାନ୍ଦ୍ର ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳନ ହେଲେ, ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗମାନ ବିନା ଶ୍ରେଣୀ ପରିବର୍ତ୍ତନରେ କିନ୍ତୁ ସଙ୍କେତ (sign) ଚିହ୍ନ ରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଏକ ବିରଳ ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଲେ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ଶ୍ରେଣୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ସଙ୍କେତ ଚିହ୍ନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । 'ଶ୍ରେଣୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ' କହିଲେ ବୁଝ ଯେ ବିରଳନ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ ସଂପୀଡ଼ନ ଭାବରେ ଏବଂ ଏକ ସଂପୀଡ଼ନ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ ବିରଳନ ରୂପରେ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.3

1. ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ପରସ୍ପରକୁ ଭେଟିଲେ, କ'ଣ ହୁଏ ?

....

2. ଦୁଇଟି ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୁଳି (marble) ଗୋଟିଏ ସରଳରେଖାରେ ସମ ପରିବେଗରେ ଗତି କରି ପରସ୍ପରକୁ ଭେଟିଲେ, କ'ଣ ହୁଏ ?

....

3. ଦୁଇଟି ଏକାଭଳି ସ୍ପନ୍ଦ ଗୋଟିଏ ତନ୍ତୁରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରି ପରସ୍ପରକୁ ଭେଟନ୍ତି । (i) ତରଙ୍ଗମାନ ସମାନ କଳାରେ ଥିଲେ, (ii) ତରଙ୍ଗମାନ ବିପରୀତ କଳାରେ ଥିଲେ, କ'ଣ ହୁଏ ?

....

4. ଏକ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସ୍ପନ୍ଦ ତନ୍ତୁରେ ଗତି କରି ତନ୍ତୁର ଦୃଢ଼ ପ୍ରାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିଲେ, କ'ଣ ହୁଏ ?

....

5. ଏକ ତରଙ୍ଗ ସ୍ପନ୍ଦ ତନ୍ତୁରେ ଗତି କରି ତନ୍ତୁର ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିଲେ, କ'ଣ ହୁଏ ?

....

6. ଏକ ସଂପୀଡ଼ିତ ତରଙ୍ଗ (i)ଏକ ବିରଳ ମାଧ୍ୟମରୁ (ii)ଏକ ସାନ୍ଦ୍ର ମାଧ୍ୟମରୁ, ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଲେ କ'ଣ ହୁଏ ?

....

ଟିପ୍ପଣୀ

14.4 ସମଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଅଧାରୋପଣ

ସମ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଅଧାରୋପଣ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କର କଳା ଓ ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ପରିଘଟଣା (i) ବ୍ୟତି କରଣ ଓ (ii) ବିସ୍ପନ୍ଦନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି ଘଟଣାମାନଙ୍କ ସଂପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ ।

14.4.1 ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ବ୍ୟତିକରଣ

ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଅଧାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ମିଳୁଥିବା ବ୍ୟତିକରଣର ଛାଞ୍ଚ (pattern) ରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ତୀବ୍ରତାର ଅନୁପାତ ହିସାବ କରାଯାଉ । ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ଓ ଆୟାମ a_1 ଓ a_2 ଏବଂ ସ୍ଥିର କଳାନ୍ତର f ଥାଇ x- ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ସମବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ଦୁଇଟି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗଙ୍କୁ ବିଚାର କରାଯାଉ । ସମୀକରଣ ରୂପରେ ଏମାନେ ହେବେ,

$$y_1 = a_1 \sin (wt - kx)$$

ଏବଂ $$y_2 = a_2 \sin [(wt - kx) + f)]$$

ଏଠାରେ w = 2p/*T* ହେଉଛି କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି ଏବଂ $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ହେଉଛି ତରଙ୍ଗ ସଂଖ୍ୟା (wave number) ।

ଦୁଇଟିଯାକ ତରଙ୍ଗ ସମାନ ସରଳ ରେଖାରେ ସମାନ ଦିଗରେ ଏବଂ ସମାନ ବେଗରେ ଯାତ୍ରା କରୁଥିବାରୁ ସେମାନେ ପରସ୍ପର ଉପରେ ଅଧିସ୍ଥାପନ (overlap) ହୁଅନ୍ତି । ଅଧାରୋପଣର ନିୟମ ଅନୁସାରେ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ହେବ,

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin (wt - kx) + a_2 \sin [wt - kx) + f]$$

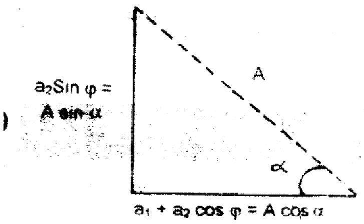
ଆମେ $(wt - kx) = q$ ନେଲେ,

$$y = a_1 \sin q + a_2 \sin (q + f)$$

$$= a_1 \sin q + a_2 \sin q \cos f + a_2 \sin f \cos q$$

ମନେକର, ଆମେ ଲେଖିବା, $a_2 \sin f = A \sin a$

$$a_1 + a_2 \cos f + A \cos a$$



ଚିତ୍ର 14.10 ପରିଣାମୀ ଆୟାମର ହିସାବ

ତେବେ $y = A \cos a \sin q + A \sin a \cos q$

$$= A \sin (q + a)$$

q ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ (substitute) କରି,

ଆମେ ପାଇବା,

$$y = A \sin [(wt - kx) + a]$$

ତେଣୁ, ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗର କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ଏବଂ ଏହାର ଆୟାମ *A* ମିଳିବ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣରୁ ।

$$A^2 = (a_1 + a_2 \cos f)^2 + (a_2 \sin f)^2$$

$$= a_1^2 + a_2^2 \cos^2 f + 2a_1a_2 \cos f + a_2^2 \sin^2 f$$

$$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2\, a_1\, a_2 \cos f \qquad (14.18)$$

ସମୀକରଣ (14.18) ରେ f ହେଉଛି ଅଧାରୋପିତ ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର । ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ପଥ ପାର୍ଥକ୍ୟର କଳାନ୍ତର f, ସହିତ ସଂପର୍କକୁ ବିଚାରକୁ ନେଲେ,

$f = \frac{2\pi p}{\lambda}$ । ଏଠାରେ $\frac{2\pi}{\lambda}$ ହେଉଛି ଏକକ ଦୂରତା ପାଇଁ କଳାନ୍ତର । ପଥ ପାର୍ଥକ୍ୟ l/2 ର ଯୁଗ୍ମ ଗୁଣିତକ (even multiple) ଅର୍ଥାତ୍

$p = 2m\, l/2$ ହେଲେ, କଳାନ୍ତର ହେବ,

$f = (2p/l) \times ((2m\ l/2) = 2mp$ । ଯେହେତୁ $\cos 2p = 1$ ସମୀକରଣ (14.18) ରୁ ଆମେ ପାଇବୁ,

$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 = (a_1 + a_2)^2$

ଏହାର ଅର୍ଥ, **ସମରୈଖିକ ଓ ସମଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗମାନ ସମକଳାରେ ଥିଲେ, ଅଧାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ପରିଣାମୀ ଆୟାମ ସେମାନଙ୍କ ଆୟାମର ଯୋଗଫଳ ହେବ ।**

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା ଆୟାମର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥିବାରୁ, ଆମେ ପାଇବା

$I_{max}\ a\ (a_1 + a_2)^2$

$p = (2m+1)\, l/2$ ହେଲେ, $f = (2m+1)\, p$

ଏବଂ $\cos f = -1$ । ତେବେ ସମୀକରଣ (14.18) ରୁ, ଆମେ ପାଇବା

$A^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1 a_2 = (a_1 - a_2)^2$

ଏଥିରୁ ମିଳେ ଯେ **ଦୁଇଟି ସମରୈଖିକ ଓ ସମଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ଯଦି p ର ଅଯୁଗ୍ମ ଗୁଣିତକ ହୁଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ଅଧାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ପରିଣାମୀ ଆୟାମ ସେମାନଙ୍କର ଆୟାମର ବିୟୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହେବ ।**

ତେଣୁ $I_{min} \propto (a_1 - a_2)^2$

ଅତଏବ, $$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(a_1 + a_2)^2}{(a_1 - a_2)^2} \qquad (14.19)$$

[ଯଦି $a_1 = a_2$ ହୁଏ, ତେବେ ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

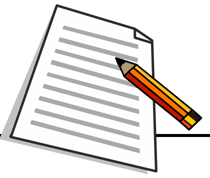
ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଏ, ଅଧିରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ଶୂନ୍ୟରେ ଶକ୍ତ ପୁର୍ନବଣ୍ଟନ ହିଁ ମୁଖ୍ୟତଃ ବ୍ୟତିକରଣ ।]

14.4.2 ବିସ୍ପନ୍ଦକ

ଆମେ ଦେଖିଲେ ଯେ ସମ ମାଧ୍ୟମରେ ସମ ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗର ଅଧାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ବ୍ୟତିକରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦେଖିବା, ଦୁଇଟି ପାଖାପାଖି ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗର ଅଧିରୋପଣ ହେଲେ କ'ଣ ହୁଏ । ପ୍ରଥମେ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 14.5

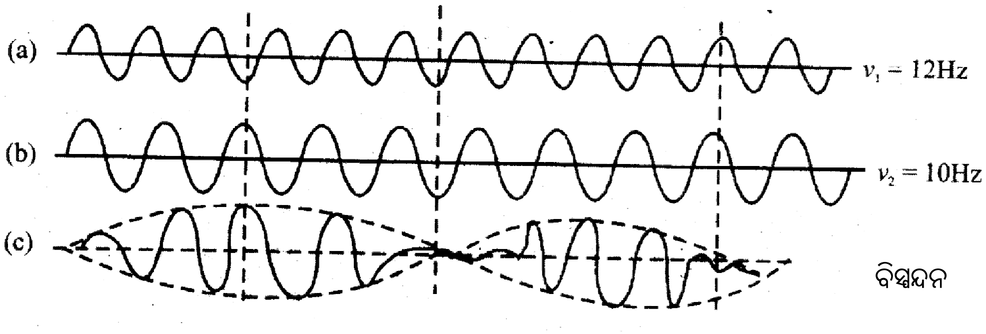
ସମାନ ଆବୃତ୍ତି 512 ହର୍ଜ୍‌ଥିବା ଦୁଇଟି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ (turing fork) ନିଅ । ସେମାନଙ୍କୁ A ଓ B ନାମ ଦିଆଯାଉ । ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ B ର ଭୁଜ (prong) ଉପରେ କିଛି ମହମ ଲଗାଅ । ଏକ ରବର ହାତୁଡ଼ିରେ ଉଭୟଙ୍କୁ ଏକାଠି ପିଟି ଧ୍ୱନି ସୃଷ୍ଟି କରାଅ । ସେମାନଙ୍କର ଡ଼େମ୍ଫ (stem) କୁ ଗୋଟିଏ ଟେବଲ୍‌ପୃଷ୍ଠରେ ଚାପି ରଖ ଏବଂ କ'ଣ



ଟିପ୍ପଣୀ

ଦେଖିଲ, ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେଉଛି । ତୀବ୍ରତାର ଏହି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିସ୍ପନ୍ଦନ କୁହାଯାଏ । ଥରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓ ଥରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିସ୍ପନ୍ଦକ ହୁଏ । B ର ଭୁଜରେ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ମହମ ଲଗାଇଲେ ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ବିସ୍ପନ୍ଦନର ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । B ର ଭୁଜରେ ଆହୁରି ଅଧିକ ମହମ ଲଗାଇଲେ ତୁମେ ହୁଏତ ଆଦୌ ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଗଣି ପାରିବ ନାହିଁ । ତା'ର କାରଣ ହେଉଛି, ସେକେଣ୍ଡର ଏକ ଦଶମାଂଶରୁ କମ୍ ବ୍ୟବଧାନ ଥିବା ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନି ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଲେ ଆମ କାନ ଭିନ୍ନ ଧ୍ୱନିଭାବରେ ଶୁଣି ପାରିବ ନାହିଁ । ବିସ୍ପନ୍ଦନ କିପରି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ବୁଝାଯାଉ ।

(a) ବିସ୍ପନ୍ଦକର ସୃଷ୍ଟି : ମନେକର ଆମ ପାଖରେ ଯଥାକ୍ରମେ N ଓ $N+n$ ଆବୃତ୍ତି ଥିବା ଦୁଇଟି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ A ଓ B ଅଛି । ଏଠାରେ n ର ମୂଲ୍ୟ 10 ରୁ କମ୍ । ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ A ଦ୍ୱାରା N ସଂଖ୍ୟକ କଂପନ୍ନ ହୁଏ କିନ୍ତୁ B ଦ୍ୱାରା $(N+n)$ ସଂଖ୍ୟକ କଂପନ୍ନ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍, ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ B ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ କଂପନ୍ନ A ତୁଳନାରେ n ଥର ଅଧିକ କଂପନ୍ନ କରେ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ, 1 ସେକେଣ୍ଡରେ A ତୁଳନାରେ B ଲାଭକରେ n ଅଧିକ କଂପନ୍ନ ଏବଂ ତେଣୁ ଥରେ କଂପନ୍ନ ଲାଭ କରେ $(1/n)$ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏବଂ A ତୁଳନାରେ ଅର୍ଦ୍ଧ-କଂପନ୍ନ ଲାଭ କରେ $(1/2n)$ ସେକେଣ୍ଡରେ । ମନେକର, $t=0$ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଉଭୟ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ ଫର୍କ ସମକଳାରେ କଂପନ୍ନ କରୁଛନ୍ତି । ପୁଣି $1/2n$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ, A ତୁଳନାରେ B ଅର୍ଦ୍ଧ-କଂପନ୍ନ ଆଗେଇବ । ତେଣୁ $1/2n$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହା ବିପରୀତ କଳାରେ କଂପନ୍ନ କରିବ । ତେଣୁ ଶ୍ରୋତାକୁ A ଯଦି ସଂପୀଡ଼ନ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରେରଣ କରୁଛି, ତେବେ B ପ୍ରେରଣ କରିବ ବିରଳନ ତରଙ୍ଗ । ତେଣୁ ଶ୍ରୋତାର କାନରେ ଗ୍ରହଣ ହେଉଥିବା ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ ହେବ । $1/n$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ B ଗୋଟିଏ ପୂର୍ଣ୍ଣ କଂପନ୍ନ ଆଗେଇବ । ତେଣୁ ଯଦି A ଏକ ସଂପୀଡ଼ନ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରେରଣ କରେ, B ମଧ୍ୟ ଏକ ସଂପୀଡ଼ନ ତରଙ୍ଗ ଶ୍ରୋତାକୁ ପ୍ରେରଣ କରିବ । ତେଣୁ ଲବ୍ଧ ତୀବ୍ରତା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ହେବ । $(3/2n)$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ପୁନରାୟ ଦୁଇଟି ଯାକ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ ଫର୍କ ବିପରୀତ କଳାରେ କଂପନ୍ନ କରିବେ ଏବଂ ତେଣୁ ତୀବ୍ରତା ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରହିବ । ଶ୍ରୋତା $1/n$ ସେକେଣ୍ଡରେ ଗୋଟିଏ ବିସ୍ପନ୍ଦକ ଏବଂ ତେଣୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ସଂଖ୍ୟକ ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଶୁଣିବ । ତେଣୁ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଶୁଣୁଥିବା ନିସ୍ପନ୍ଦକର ସଂଖ୍ୟା ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କର ଆବୃତ୍ତି ପାର୍ଥକ୍ୟ ସହିତ ସମାନ । ଯଦି ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ 10 ରୁ ଅଧିକ ବିସ୍ପନ୍ଦକ ହୁଏ, ତେବେ ବିସ୍ପନ୍ଦକ ଗୁଡ଼ିକ ଅଲଗା ଅଲଗା ଭଳି ଗୁଣାଯିବ ନାହିଁ । ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି n ଏବଂ ବିସ୍ପନ୍ଦନ କାଳ ହେଉଛି $1/n$ ।



ଚିତ୍ର 14.11 : (a) 12 ହର୍ଜ ଆବୃତ୍ତିରେ ବିସ୍ଥାପନ-ସମୟ ଗ୍ରାଫ୍
(b) 10 ହର୍ଜ ଆବୃତ୍ତିରେ ବିସ୍ଥାପନ-ସମୟ ଗ୍ରାଫ୍
ଉଭୟ ତରଙ୍ଗର ଅଧିରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ସେକେଣ୍ଡ୍ ପ୍ରତି 2 ଥର ବିସ୍ପନ୍ଦକ ହୁଏ ।

(b) ଆଲେଖୀୟ ପଦ୍ଧତି (graphic method) :

ଏକ 12 ସେ.ମି. ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସରଳ ରେଖା ଟାଣ । ଏହାକୁ 1 ସେ.ମି. ଲେଖାଏଁ 12 ଟି ସମାନ ଅଂଶରେ ବିଭକ୍ତ କର । ଏହି ସରଳରେଖାରେ 1 ସେ.ମି. ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 0.5 ସେ.ମି. ଉଚ୍ଚତାର 12 ଟି ତରଙ୍ଗ ଅଙ୍କନ କର । ଏହା 12 ହର୍ତ୍ସ ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗ ସୂଚାଉଛି । ରେଖା (b)ରେ 1.2 ସେ.ମି. ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 0.5 ସେ.ମି. ଉଚ୍ଚତା ବିଶିଷ୍ଟ 10 ଟି ତରଙ୍ଗ ଅଙ୍କନ କର । ଏହା 10 ହର୍ତ୍ସ ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗ ସୂଚାଉଛି । ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗ (c) ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଯାଇଛି । ଚିତ୍ର 14.11 ବାସ୍ତବ ତରଙ୍ଗ ନୁହେଁ କିନ୍ତୁ ଏହା ବିସ୍ଥାପନ-ସମୟର ଗ୍ରାଫ୍ । ତେଣୁ, ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ହୁଏ । ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିସ୍ପନ୍ଦନର ସଂଖ୍ୟା Dn । ତେଣୁ ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଆବୃତ୍ତି ଅଧାରୋପଣ ହୋଇଥିବା ଆବୃତ୍ତିମାନଙ୍କର ପାର୍ଥକ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ 14.3 :

ଏକ ଅଜଣା ଆବୃତ୍ତିର ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ୍ 500 ହର୍ତ୍ସ ଆବୃତ୍ତିର ଏକ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ ସହିତ ମିଶି ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 5 ଥର ବିସ୍ପନ୍ଦନ କରେ । ଅଜଣା ଫର୍କର ଆବୃତ୍ତି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ।

ସମାଧାନ : $u' = u \pm n = 500 \pm 5$

Þ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ ଫର୍କର ଆବୃତ୍ତି ହୁଏତ 495 ହର୍ତ୍ସ କି 505 ହର୍ତ୍ସ ।

ଉଦାହରଣ 14.4 : ଏକ ବ୍ୟତିକରଣ ନମୁନା (pattern) ରେ, ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଓ ସର୍ବନିମ୍ନ ତୀବ୍ରତାର ଅନୁପାତ ହେଉଛି 9 । ଅଧାରୋପିତ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଆୟାମ ଅନୁପାତ କେତେ ?

ସମାଧାନ : $\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(a_1 + a_2)^2}{(a_1 - a_2)^2}$ Þ $9 = \left(\frac{1+r}{1-r}\right)^2$, ଏଠାରେ $r = \frac{a_2}{a_1}$

ତେଣୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$\frac{1+r}{1-r} = 3$$

ତୁମେ ଏହାକୁ ସହଜରେ ସମାଧାନ କଲେ, r = 1/2 ହେବ ।

ଅର୍ଥାତ୍ ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗର ଆୟାମ ଅନ୍ୟଟିର ଦୁଇଗୁଣ ।

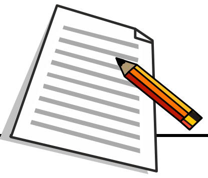
ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.4

1. ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତାର ଅନୁପାତ ଯଦି 1:16 ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନେ ବ୍ୟତିକରଣ କରନ୍ତି, ତେବେ I_{max} / I_{min} ଅନୁପାତ ହିସାବ କର ।

2. ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନି ଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା n ଓ n + Dn ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗ ଅଧାରୋପିତ ହୋଇଛନ୍ତି । ତୁମେ କ'ଣ ଦେଖିବ ?

3. n ଓ n + Dn ଆବୃତ୍ତିର ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ଅଧାରୋପିତ ହୋଇଛନ୍ତି । ବିସ୍ପନ୍ଦକ ଆବୃତ୍ତି କ'ଣ ହେବ ?

4. ଦୁଇଟି ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ, A ଓ B ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 5 ଥର ବିସ୍ପନ୍ଦନ କରୁଛନ୍ତି । A ର ଗୋଟିଏ ଭୁଜରେ ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ମୁଦି ଲଗାଇଲେ, ପୁନରାୟ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 5 ଥର ବିସ୍ପନ୍ଦନ ହୁଏ । B ର ଆବୃତ୍ତି 512 ହର୍ତ୍ସ ହେଲେ, ମୁଦି ଖଂଜିବା ପୂର୍ବରୁ A ର ଆବୃତ୍ତି କେତେ ଥିଲା ? ତୁମ ଉତ୍ତର ପାଇଁ କାରଣ ଦିଅ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

14.5 ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ସମ ଆବୃତ୍ତିର ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଅଧାରୋପଣ

ଏକ ସରଳ ରେଖାରେ ଏବଂ ସମାନ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଅଧାରୋପଣ ସଂପର୍କରେ ଆମେ ଏପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଲୋଚନା କରିଛେ । ସେ ଭଳି ତରଙ୍ଗରେ, ଶିଖର ଏବଂ ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀମାନ ବା ବିରଳନ ଓ ସଂପୀଡ଼ନ ମାନ ମାଧ୍ୟମର ଧର୍ମ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ପରିବେଗରେ ଆଗକୁ ଗତି କରନ୍ତି । ସମାନ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ସମାନ ଆୟାମ ବିଶିଷ୍ଟ ତରଙ୍ଗମାନ ସମାନ ସରଳ ରେଖାରେ ସମାନ ବେଗରେ ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରି ଅଧାରୋପଣ ହେଲେ, ଅପ୍ରଗାମୀ (stationary) ବା ସ୍ଥିର (stationary) ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ତରଙ୍ଗରେ ଶିଖର ବା ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀ କିମ୍ବା ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷକ ପ୍ରତି ଆପେକ୍ଷିକ ସ୍ଥିର ।

14.5.1 ଅପ୍ରଗାମୀ (ସ୍ଥିର) ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି

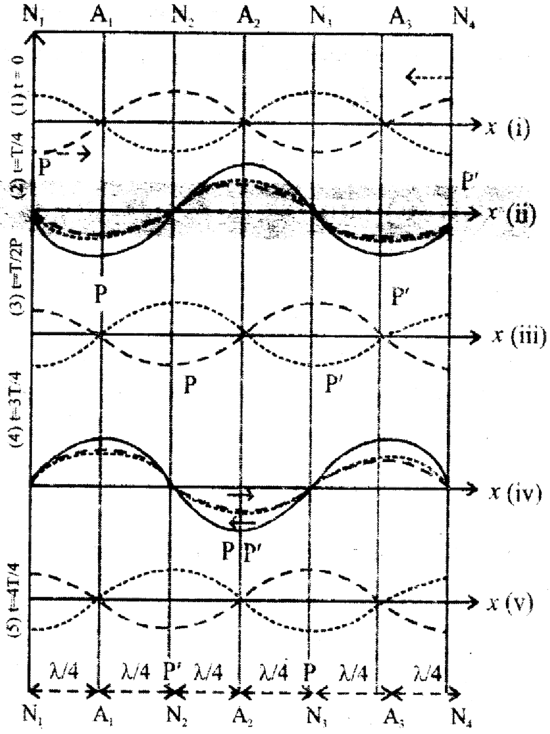
ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ କିପରି ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଜାଣିବାକୁ ଚିତ୍ର 14.12କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ଏଥିରେ ଆମେ ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ, ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗର ଅବସ୍ଥାନ ପ୍ରତି $T/4$ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ କଂପନ୍ନ ପରେ ଦର୍ଶାଇଛୁ ।

(i) ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଅର୍ଥାତ୍ $t = 0$, [ଚିତ୍ର 14.12(i)], ବିନ୍ଦୁ ଚିହ୍ନିତ ଲେଖ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ଡ୍ୟାସ୍ ଚିହ୍ନିତ ଲେଖଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ବିପରୀତ କଳାରେ ଅଛନ୍ତି । ତେଣୁ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ଶୂନ୍ ଅଟେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ସେମାନଙ୍କର ମାଧ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅଛନ୍ତି ।

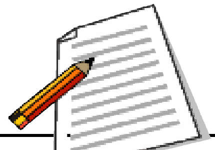
(ii) $t = T/4$s ବେଳକୁ [ଚିତ୍ର 14.12 (ii)], ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ଡାହାଣ ପଟକୁ 1/4 ଦୂରତ୍ୱ ଅଗ୍ରସର ହୋଇଛି (ଏହା P ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଭାବେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି) ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ବାମ ପଟକୁ 1/4 ଦୂରତ୍ୱ ଅଗ୍ରସର ହୋଇଛି (ଏହା P^1 ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଭାବେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।) ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗ ରୂପ ଗାଢ଼ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଲେଖଚିତ୍ର ଭାବେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏଥିରୁ ଦେଖି ହେବ ଯେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ । ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ କଣିକାର ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ଏବଂ ବିକୃତି (strain) ସର୍ବାଧିକ ।

(iii) $t = T/2$ s ବେଳକୁ [ଚିତ୍ର 14.12 (iii)], ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ଡାହାଣକୁ 1/2 ଦୂରତ୍ୱ ଅଗ୍ରସର ହୋଇଛି (ଏହା P ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଭାବେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।) ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ବାମକୁ 1/2 ଦୂରତ୍ୱ ଅଗ୍ରସର ହୋଇଛି (ଏହା P^1 ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଭାବେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।) । ବିସ୍ଥାପନ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହୋଇଥିବାରୁ, ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ଶୂନ୍ ହୁଏ । ଏହା ଗାଢ଼ ସରଳ ରେଖାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

(iv) $t = 3T/4$s ବେଳକୁ [ଚିତ୍ର 14.12(iv)] ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ପୁନର୍ବାର ସମକଳାରେ ଅଛନ୍ତି । ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ । କଣିକା ପରିବେଗ ଶୂନ୍ କିନ୍ତୁ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବିକୃତି ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମୂଲ୍ୟର ।



ଚିତ୍ର 14.12 ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ଗତିଶୀଳ ଦୁଇଟି ସମାନ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ସମାନ ଆୟାମ ବିଶିଷ୍ଟ ତରଙ୍ଗର ଅଧାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

(v) t = 4T/4s ବେଳକୁ [ଚିତ୍ର 14.12(v)] ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ଓ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ବିପରୀତ କଳାରେ ଅଛନ୍ତି । ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ଏକ ସରଳରେଖା (ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଗାଢ଼ ସରଳ ରେଖାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।) ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିକୃତି Dy/Dx ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର

- N_1, N_2, N_3 ଏବଂ N_4 ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କର ଆୟାମ ଶୂନ୍ କିନ୍ତୁ ବିକୃତି ସର୍ବୋଚ୍ଚ । ଏଭଳି ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କୁ ନିସ୍ପନ୍ଦ (node) କୁହାଯାଏ ।
- A_1, A_2 ଓ A_3 ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କର ଆୟାମ ସର୍ବୋଚ୍ଚ କିନ୍ତୁ ବିକୃତି ସର୍ବନିମ୍ନ । ଏହି ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କୁ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ (antinode) କୁହାଯାଏ ।
- ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ ନିସ୍ପନ୍ଦ କିମ୍ବା ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ (successive) ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ହେଉଛି 1/2 ।
- ଏକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ହେଉଛି 1/4 ।
- ଯେଉଁ ଦୁଇଟି ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ, ତାହାର ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ ସହିତ ତରଙ୍ଗର ଦୋଳନ କାଳ ସମାନ ଅଟେ ।
- ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଓ ହ୍ରାସ ପାଏ, କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହର ମାତ୍ରା ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

ବିପରୀତ ଦିଗରେ ସମାନ ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ଦୁଇଟି ସମତୁଲ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ସେମାନଙ୍କୁ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ, କାରଣ ତରଙ୍ଗରୂପ ଅଗ୍ରସର ହୁଏ ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ଏକାନ୍ତର ଭାବେ ସଂକୋଚିତ (shrink) ଓ ବିସ୍ତାରିତ (dilate) ହୁଏ । ଶକ୍ତି କେବଳ ଏକ ମାଧ୍ୟମୂଲ୍ୟ ଠାରୁ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ ହ୍ରାସ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହର ମାତ୍ରା ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

14.5.2 ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ

ମାଧ୍ୟମରେ ପରିବେଗ J = w/k ଥିବା ଗତିଶୀଳ ଏକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ ହେଉଛି,

$y_1 = -a \sin (wt - kx)$

ଏକ ଘନ ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଲେ, ମନେକର, ତରଙ୍ଗ ସେହି ଏକା ସରଳ ରେଖା x - ଅକ୍ଷରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ p ପରିମାଣର କଳାନ୍ତର ସହ ଗତିକରେ । ତେଣୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ ହେଉଛି,

$y_2 = a \sin (wt + kx)$

ତେଣୁ ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ଏବଂ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ, ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ହେଉଛି,

$y = y_1 + y_2$

$= a \sin (wt + kx) - a \sin (wt - kx)$

ତ୍ରିକୋଣମିତି ସର୍ବସମତା (identity), sin A – sin B = 2 sin (A–B)/2 – cos (A + B)/2

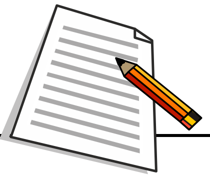
ବ୍ୟବହାର କରି ଉପରୋକ୍ତ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ସରଳୀକରଣ ପରେ ହୁଏ ।

$$y = +2a \sin kx \cos wt \qquad (14.20)$$

+ 2a sin kx = A, ଭାବରେ ଲେଖାଯାଉ । ତେବେ,

$$y = A \cos wt$$

କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ଏବଂ ଆୟାମ 2a sin kx ଥିବା ଏକ ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ (14-20) ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଯାଉଛି । ଶୂନ୍ୟରେ ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗର ଆୟାମର ମୂଲ୍ୟ କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ରେ ଦୋଳନ କରେ । ଏଠାରେ w ହେଉଛି ଏକ ମିଟର ପ୍ରତି କଳାନ୍ତର । ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କରେ $kx = m$p $= m$1/2, , ସେଠାରେ sin kx = sin



ଟିପ୍ପଣୀ

mp = 0, ତେଣୁ A = 0 । ଆୟାମ ଶୂନ୍ ଥିବା ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କୁ **ନିସ୍ପନ୍ଦ** କୁହାଯାଏ । ଏହି ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କରେ Dy/Dx = ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଅର୍ଥାତ୍ **ବିକୃତି** ସର୍ବାଧିକ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଦୁଇଟି ଏହି ଭଳି ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କର ଅନ୍ତର 1/2 ।

ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କର $kx = (2m+1)$p/2

ବା $x = (2m+1)\dfrac{\pi}{2}$ x 1/2p

$= (2m+1)$ 1 / 4

$\sin kx = \sin(2m+1)$ p/2 = ±1

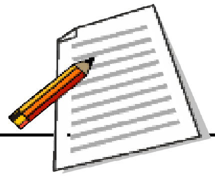
ଅତଏବ, A ର ମୂଲ୍ୟ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଅଟେ । ଏହି ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କରେ ବିକୃତି Dy/Dx ଶୂନ୍ ଅଟେ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଏ ଭଳି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର ହେଉଛି 1 / 2 । ଏହି ଭଳି ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କରେ ଯେଉଁଠି ଆୟାମ ସର୍ବୋଚ୍ଚ କିନ୍ତୁ ବିକୃତି ଶୂନ୍ ଅଟେ, ସେମାନଙ୍କୁ **ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ** କୁହାଯାଏ ।

ଏହା ସୂଚନା ଯୋଗ୍ୟ ଯେ ନିସ୍ପନ୍ଦରେ କଣିକା ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ଅଟେ ଏବଂ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦରେ କଣିକା ପରିବେଗ Dy/Dx ସର୍ବାଧିକ ଅଟେ । ତେଣୁ ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ଶକ୍ତିର ମାଧ୍ୟମୂଲ୍ୟ ଶୂନ୍ ଅଟେ । ଶକ୍ତି କେବଳ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ ପୁନର୍ବାର ହ୍ରାସ ପାଏ ସେଥିପାଇଁ ଏହି ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କୁ ଅପ୍ରଗାମୀ ବା ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ ।

14.5.3 ପ୍ରଗାମୀ ଓ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ

ପ୍ରଗାମୀ ଓ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମୁଖ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ମାନଙ୍କର ସାରାଂଶ ଦିଆଯାଉ ।

ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ	ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ
1. ମାଧ୍ୟମର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏବଂ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପପକତା (ବା ତାନ) ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ପରିବେଗରେ ମାଧ୍ୟମର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅବସ୍ଥାମାନ ଯଥା ଶିଖର ଓ ଗହ୍ୱର ଦ୍ରୋଣୀ କିମ୍ବା ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ ଗତି କରୁଥିବା ଭଳି ପ୍ରତୀୟମାନ ହୁଏ ।	1. ନିସ୍ପନ୍ଦ ନାମକ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ମାଧ୍ୟମର ଅଂଶ ସଙ୍କୁଚିତ ଓ ସ୍ଫିତ ହେଲା ଭଳି ଜଣାଯା'ନ୍ତି । ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ବା ଅଂଶ ଏକ ଓ ଦୋଳକ ସଦୃଶ ଏ ପଟୁ-ସେ ପଟ - ଏ ପଟକୁ କଂପନ୍ନ କରନ୍ତି ।
2. ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର କଂପନ୍ନର ଆୟାମ ସମାନ ଅଟେ ।	2. ନିସ୍ପନ୍ଦରେ ଆୟାମ ଶୂନ୍ କିନ୍ତୁ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦରେ ଆୟାମ ସର୍ବାଧିକ ।
3. ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗରେ ମାଧ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନ ଦେଇ ଗତି କରନ୍ତି ।	3. ନିସ୍ପନ୍ଦରେ କଣିକାର ପରିବେଗ ଶୂନ୍ ଏବଂ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦରେ ଏହା ସର୍ବାଧିକ ।
4. ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେଗରେ କଣିକାରୁ କଣିକାକୁ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ।	4. ମାଧ୍ୟମର ଗୋଟିଏ ଅଂଶରେ ଶକ୍ତିର ହ୍ରାସ-ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଅତିକ୍ରମ କରି ଶକ୍ତି ଗତି କରେ ନାହିଁ ।
5. ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ କଣିକାମାନ କ୍ରମାନ୍ୱୟରେ ସେମାନଙ୍କର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗ ଲାଭ କରନ୍ତି ।	5. ଏକ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ ଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗ ଭିନ୍ନ । ନିସ୍ପନ୍ଦରେ ଏହା ଶୂନ୍ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦରେ ଏହା ସର୍ବାଧିକ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକାର ପାରସ୍ପରିକ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗ ଏକକାଳୀନ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ।
6. ଏକ ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଂଶରେ ଅନୁକ୍ରମିକ ଭାବେ ସମାନ ବିକୃତି ହୋଇଥାଏ ।	6. ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ ନିସ୍ପନ୍ଦରେ ବିକୃତି ସର୍ବାଧିକ ଏବଂ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦରେ ଏହା ଶୂନ୍ ଅଟେ ।
7. ଏ ଭଳି କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ନାହିଁ ଯେଉଁ ଠାରେ କି ସାନ୍ଦ୍ରତା ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।	7. ସାନ୍ଦ୍ରତା ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହେଉଥିବା ବିନ୍ଦୁମାନ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ କିନ୍ତୁ ନିସ୍ପନ୍ଦରେ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.5

1. ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁଦେଇ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ ହୁଏ କି ? ତୁମର ଉତ୍ତର ଯାଥାର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

....

2. ଦୁଇଟି କ୍ରମିକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ ଏକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା କେତେ ?

....

3. ଚାପ-ନିସ୍ପନ୍ଦ ହେଉଛି ବିସ୍ଥାପନ-ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଏବଂ ଚାପ-ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ହେଉଛି ବିସ୍ଥାପନ-ନିସ୍ପନ୍ଦ । ବୁଝାଅ ।

....

4. ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ 170 ହର୍ଜ୍ ଆବୃତ୍ତିର ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଛି । ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ ଯଦି 340 ମି ସେ$^{-1}$ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ

(i) ଦୁଇଟି ନିକଟତମ ନିସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ (ii) ଦୁଇଟି ନିକଟତମ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ

(iii) ନିକଟତମ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ, ସର୍ବନିମ୍ନ ଦୂରତା କେତେ ହେବ ?

....

14.6 ସୁସ୍ୱର ଧ୍ୱନିର ଅଭିଲକ୍ଷଣମାନ

(Characteristics of musical sound)

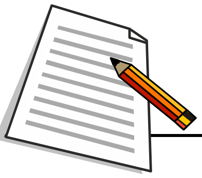
ସୁସ୍ୱର ଧ୍ୱନିର ଅଭିଲକ୍ଷଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଆମେ ଗୋଟିଏ ସ୍ୱସ୍ୱର ଧ୍ୱନିକୁ ଅନ୍ୟଠାରୁ ପୃଥକ୍ କରିପାରୁ । ଏମାନେ ହେଲେ ତାରତ୍ୱ (pitch), ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ଏବଂ ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ । ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଏଗୁଡ଼ିକ ସଂକ୍ଷେପରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

14.6.1 ତାରତ୍ୱ

ସଙ୍ଗୀତ ସ୍ୱର (musical note)ର ଯେଉଁ ଅଭିଲକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଆମେ ଏକ ସ୍ୱରକୁ 'ଉଚ୍ଚ' ବା 'ନିମ୍ନ' ଭାବେ ବର୍ଗୀକରଣ କରିପାରୁ, ତାହାକୁ ତାରତ୍ୱ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଏକ ବ୍ୟକ୍ତିକୈନ୍ଦ୍ରିକ ମାନ ଯାହାକୁ କି କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ମପା ଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ଅବଶ୍ୟ ଦୁହିଁଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ସଂପର୍କ ନାହିଁ । ଏକ ମଧୁର, ତୀକ୍ଷ୍ଣ ଧ୍ୱନିକୁ ଉଚ୍ଚ ତାରତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଗମ୍ଭୀର, ମାନ୍ଦା ଓ ଶ୍ରୁତିକଟୁ ଧ୍ୱନିକୁ ନିମ୍ନ ତାରତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ କୁହାଯାଏ । ସିଂହର ଗର୍ଜନର ତୀବ୍ରତା ଯଦିଚ ଅଧିକ, ଏହାର ତାରତ୍ୱ କମ୍ । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ, ମଶାର ଗୁଣୁଗୁଣୁ କମ୍ ତୀବ୍ରତାର ହେଲେ ମଧ ତାରତ୍ୱ ଅଧିକ ।

14.6.2 ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା

ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ଶ୍ରୋତାର କର୍ଣ୍ଣରେ ଗୃହୀତ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତାର ଏକ ବ୍ୟକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ରିକ ପ୍ରଭାବ । **ଏକ ପୃଷ୍ଠତଳର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପରିବାହିତ ଶକ୍ତିର ମାଧ୍ୟ ପରିମାଣକୁ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା କୁହାଯାଏ ।** ତୀବ୍ରତାର ଯେଉଁ ପରିସର ପାଇଁ କର୍ଣ୍ଣ ସୁଗ୍ରାହୀ, ତାହା ଯଥେଷ୍ଟ ବ୍ୟାପକ । ସେଥିପାଇଁ ମାପନ ପାଇଁ ପାଟିଗଣିତୀୟ (arithmetic) ତୀବ୍ରତା ସ୍କେଲ୍ ତୁଳନାରେ ଲଗାରିଦମ୍ (logarithm) ସ୍କେଲ୍ ସୁବିଧାଜନକ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଶ୍ରବଣର ପ୍ରଭାବ ସୀମା ଏବଂ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା

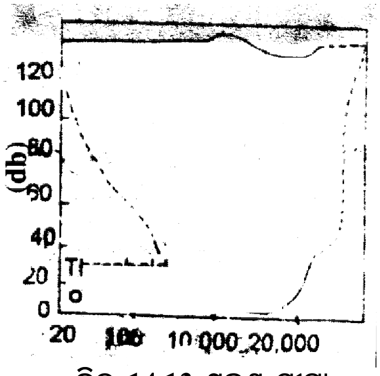
ଏକ ଧ୍ୱନିତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା ସ୍ତର b ର ସଂଜ୍ଞା ନିର୍ମିତ୍ତ ସମୀକରଣ ହେଉଛି,

$$b = 10 \log I/I_0 \qquad (14.21)$$

ଏଠାରେ I_0 ହେଉଛି ତୀବ୍ରତାର ଏକ ଯାଦୃଚ୍ଛିକ (arbitarily) ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ସୂଚକ । ଏହା ସାଧାରଣତଃ 10^{-12} Wm^{-2} ନିଆଯାଏ । ଏହି ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି ଶ୍ରବଣ ସମ୍ଭବ କ୍ଷୀଣତମ ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା । ତୀବ୍ରତାର ସ୍ତର ଡେସିବେଲ୍, ସଂକ୍ଷେପରେ db ରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଯଦି ଏକ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା I_0 ବା $10^{-12}Wm^{-2}$ ହୁଏ ତେବେ ଏହାର ତୀବ୍ରତାର ସ୍ତର ହେଉଛି $I_0 = 0$ db । ଶ୍ରବଣ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ, ମନୁଷ୍ୟ କର୍ଣ୍ଣର ସୁଗ୍ରାହୀତ୍ୱ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । **ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିରେ ଯେଉଁ ସର୍ବନିମ୍ନ ତୀବ୍ରତାର ଧ୍ୱନି ଶୁଣି ହେବ, ତାହାକୁ ସେହି ଆବୃତ୍ତିରେ ଶ୍ରବଣ ପ୍ରଭାବ ସୀମା କୁହାଯାଏ ।**

ଉପଲବ୍ଧି କରି ହେଉଥିବା ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତାର ମାନକ ହେଉଛି ସୋନେ (sone) । ସ୍ୱାଭାବିକ ଶ୍ରବଣ ଶକ୍ତି ସଂପନ୍ନ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତିର ଉଭୟ କର୍ଣ୍ଣର 40 db ତୀବ୍ରତାର 1 କିଲୋହର୍ତ୍ସ ଧ୍ୱନି ଯୋଗୁଁ ଯେଉଁ ପରିମାଣର ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ଅନୁଭୂତ ହୁଏ, ତାହାକୁ ଏକ ସୋନେ କୁହାଯାଏ । ଆବୃତ୍ତି ଓ ତୀବ୍ରତାର ଯେଉଁ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ କର୍ଣ୍ଣ ସୁଗ୍ରାହୀ, ତାହା ଚିତ୍ର 14.13 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହା ବାସ୍ତବରେ ହର୍ତ୍ସରେ ଆବୃତ୍ତି ଓ ଡେସିବେଲ୍‌ରେ ତୀବ୍ରତା ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ । ଉତ୍ତମ ଶ୍ରବଣ ପାଇଁ ଶ୍ରବଣକ୍ଷମ କ୍ଷେତ୍ରର ଏହା ଏକ ଲେଖ ଚିତ୍ର ।

- ଲେଖ ଚିତ୍ରର ନିମ୍ନାଂଶରୁ ଜଣାଯାଉଛି 2000 ହର୍ତ୍ସରୁ 3000 ହର୍ତ୍ସ ଆବୃତ୍ତି ନିମିତ୍ତ କର୍ଣ୍ଣ ସର୍ବାଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ । ଏଠାରେ ଶ୍ରବଣ ସୀମା ପ୍ରାୟ 5 db । ସାଧାରଣତଃ, ଶ୍ରବଣ ସୀମାକୁ ଶୂନ୍ ଡେସିବେଲ କୁହାଯାଏ ।



ଚିତ୍ର 14.13 ଶ୍ରବଣ ସୀମା ଓ ଅନୁଭୂତ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଶ୍ରବଣକ୍ଷମ କ୍ଷେତ୍ର

- ଲେଖ ଚିତ୍ରର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱାଂଶ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ତୀବ୍ରତା ହେଲେ ଶୁଣିବାକୁ ଅସୁବିଧା ଲାଗେ ଏବଂ ଏପରିକି କଷ୍ଟ ହୁଏ ମଧ୍ୟ । ଏହି ଲେଖ ଚିତ୍ର ଅନୁଭୂତିର ସୀମା ଦର୍ଶାଉଛି ।
- ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସୁନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଂପର୍କ ନାହିଁ ।
- ସମାନ ତୀବ୍ରତା କିନ୍ତୁ ଭିନ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ବିଶୁଦ୍ଧ ସ୍ୱରକ (tone) ସର୍ବଦା ସମାନ ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ଉତ୍ପନ୍ନ କରିପାରନ୍ତି ।
- ଲେଖ ଚିତ୍ରର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱାଂଶର ଉଚ୍ଚତା ସମସ୍ତ ଆବୃତ୍ତି ପାଇଁ ସର୍ବଦା 120db ସ୍ତରରେ ରହେ । ଧ୍ୱନିର ତୀବ୍ରତା ନିମ୍ନଲିଖିତ କାରକମାନଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

1. **କଂପନର ଆୟାମ :** I a a^2 । ଏଠାରେ a ହେଉଛି ତରଙ୍ଗର ଆୟାମ ।
2. **ଉତ୍ସ ଓ ଶ୍ରୋତା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ :** I a $1/r^2$ । ଏଠାରେ r ହେଉଛି ଶ୍ରୋତା ଠାରୁ ଉତ୍ସର ଦୂରତ୍ୱ (ଅବଶ୍ୟ ଉତ୍ସଟି ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।)
3. **ତୀବ୍ରତା ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ :** I a n^2
4. **ତୀବ୍ରତା ମାଧ୍ୟମର ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ :** I a r

14.6.3 ଗୁଣ (Quality)

ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଯେଉଁ ଅଭିଲକ୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବାଦ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ସମାନ ତାରତ୍ୱ ଓ ସମାନ ତୀବ୍ରତାର ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଜାଣି ହୁଏ, ତାହାକୁ ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ କୁହାଯାଏ । କେବଳ ଟ୍ୟୁନିଙ୍ଗ୍ ଫର୍କ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବାଦ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଶୁଦ୍ଧ ସ୍ୱରକ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିର ସ୍ୱରକ ନିର୍ଗତ ହୁଏ ନାହିଁ । ସାଧାରଣତଃ, n ଆବୃତ୍ତି ସ୍ୱରକ ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଗଲେ, ତା' ସହିତ ଉଚ୍ଚତର ଆବୃତ୍ତିର ସ୍ୱରକ ଯଥା $2n$, $3n$, $4n$ .... ଇତ୍ୟାଦି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରେ । ଏହି ସ୍ୱରକମାନଙ୍କର ଆୟାମ ଓ କଳା ସମ୍ପର୍କ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ । ନିର୍ଗତ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗ ରୂପ ନିର୍ଗତ ସ୍ୱରକର ଗୁଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରେ । ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା ଏବଂ ତାରତ୍ୱ ଭଳି ଗୁଣ ମଧ୍ୟ ଏକ ବ୍ୟକ୍ତି କୈନ୍ଦ୍ରିକ ପରିମାଣ । ଏହା ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗ ରୂପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

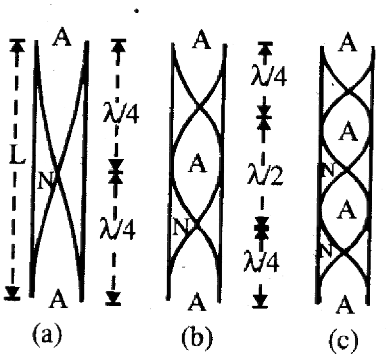
14.6.4 ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍ (Organ Pipes)

ବାୟୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚାଳିତ ବାଦ୍ୟଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହା ସବୁଠାରୁ ସରଳ ରୂପ । ସଙ୍ଗୀତ ଧ୍ୱନି ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା ଏକ କାଠ ବା ଧାତବନଳୀକୁ ଅର୍ଗାନ ପାଇପ କୁହାଯାଏ । ବଂଶୀ ଅର୍ଗାନ ପାଇପ୍‌ର ଏକ ଉଦାହରଣ । ପାଇପ୍‌ର ଉଭୟ ମୁଣ୍ଡ ଖୋଲା ଥିଲେ ଆମେ ତାକୁ ଏକ **ଖୋଲା ପାଇପ୍** କହୁ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ବନ୍ଦ ଥାଏ, ଆମେ ତାକୁ ଏକ **ବନ୍ଦ ପାଇପ୍** କହୁ । ଆମେ ଏହାକୁ ଧୀରେ ଫୁଙ୍କିଲେ, ପ୍ରାୟ ଶୁଦ୍ଧ ସ୍ୱରକ ଶୁଣାଯାଏ । ଏହି ଶୁଦ୍ଧ ସ୍ୱରକକୁ **ମୌଳିକ ସ୍ୱରକ** କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଆମେ ଜୋର୍‌ରେ ଫୁଙ୍କିଲେ, ଆମେ ମୌଳିକ ସ୍ୱରକର ପୂର୍ଣ୍ଣାଙ୍କ ଗୁଣିତକ ଆବୃତ୍ତିର ସ୍ୱରକମାନ ମଧ୍ୟ ଶୁଣୁ । ଏହି ଆବୃତ୍ତିମାନଙ୍କୁ ଆମେ **ଅଧିସ୍ୱରକ** (overtone) କହୁ ।

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ।

1 ନଳୀର ବନ୍ଦ ମୁଣ୍ଡରେ ବାୟୁ କଣିକାର ଗତି ରହିବ ନାହିଁ ଏବଂ ତେଣୁ ବନ୍ଦ ମୁଣ୍ଡ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ହେବ ।

1 ନଳୀର ଖୋଲା ମୁଣ୍ଡରେ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଶୂନ୍ ହେବ କାରଣ ଏହି ମୁଣ୍ଡ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସହିତ ଲାଗିଛି । ପୁନଶ୍ଚ ବିକୃତି ଶୂନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ମୁଣ୍ଡ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ହେବ ।



ଚିତ୍ର 14.14 : ଏକ ଖୋଲା ପାଇପ୍‌ର ସଂନାଦୀ ଲେଖଚିତ୍ର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗ ସୂଚାଉଛି ।

(a) ଖୋଲା ପାଇପ୍

ବାୟୁ ସ୍ତମ୍ଭର କଂପନର ସରଳତମ ବିଧି (mode) ହେଉଛି ମୌଳିକ ବିଧି (fundamental mode) ଯାହାକି ଚିତ୍ର 14.14(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଅଛି ଏବଂ ଦୁଇ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଅଛି ଏକ ନିସ୍ପନ୍ଦ । ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ହେଉଛି 1/4 । ପାଇପ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହେଉଛି

$l = (1/4) + (1/4) = 1/2$ or $1 = 2l$

ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି

$n_1 = u/1 = u/2l$

ପରବର୍ତ୍ତୀ କମ୍ପନ ବିଧି ଚିତ୍ର 14.14(b) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆଉରି ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ଆହୁରି ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$1 = (1/4) + (1/4) + (1/4) + (1/4) = l$$

ଟିପ୍ପଣୀ

ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି

$n_2 = \upsilon/1 = \upsilon/\boldsymbol{l} = 2\upsilon/2\boldsymbol{l}$

$n_2 = 2\upsilon / 2\boldsymbol{l}$ ଅର୍ଥାତ୍ $n_2 = 2n_1$

ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକଟି ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂନାଦୀ ବା ପ୍ରଥମ ଅଧିସ୍ୱରକ କୁହାଯାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂନାଦୀ ପାଇବାକୁ ତୁମକୁ ଜୋର୍‌ରେ ଫୁଙ୍କିବାକୁ ହେବ । ଆହୁରି ଜୋର୍‌ରେ ଫୁଙ୍କିଲେ ଆହରି ଏକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ଏକ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହେବ (ଚିତ୍ର 14.14(c)) ଅତଏବ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$\boldsymbol{l} = 1/2 + 1/4 + 1/2 + 1/4$

$1 = 2\boldsymbol{l}/3$

ତେଣୁ ନିର୍ଗତ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି ହେବ, $n_3 = \dfrac{\upsilon}{\lambda} = \dfrac{3\upsilon}{2\boldsymbol{l}} = 3n_1$

ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକକୁ ତୃତୀୟ ସଂନାଦୀ ବା ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧିସ୍ୱରକ କୁହାଯାଏ ।

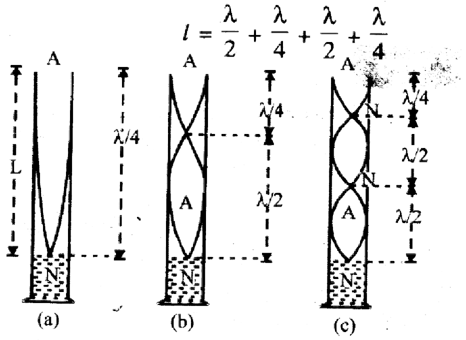
(b) ବନ୍ଦ ପାଇପ୍ : ଏକ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ରେ ସରଳତମ ବିଧିରେ ବାୟୁସ୍ତମ୍ଭର କଂପନ ଚିତ୍ର 14.15(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଖୋଲା ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଓ ବନ୍ଦ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଅଛି । ଉତ୍ପନ୍ନ ତରଙ୍ଗର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହେଉଛି

$\boldsymbol{l} = 1/4$ ବା $1 = 4\boldsymbol{l}$

ତେଣୁ ନିର୍ଗତ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି

$n_1 = \upsilon/1 = \upsilon/41$

ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକକୁ ମୌଳିକ ସ୍ୱରକ କୁହାଯାଏ । ଆହୁରି ଜୋର୍‌ରେ ଫୁଙ୍କିଲେ, ଆଉ ଗୋଟିଏ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଏବଂ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । (ଚିତ୍ର 14.15(b)]



ଚିତ୍ର 14.15 : ଏକ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ର ସଂନାଦୀ ଲେଖଚିତ୍ର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗ ଦର୍ଶାଉଛି ।

ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହେଉଛି

$\boldsymbol{l} = 1/2 + 1/4 = 31/4$ ବା $1 = 4\boldsymbol{l}/3$

ନିର୍ଗତ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି ହେବ,

$$n_2 = \frac{\upsilon}{\lambda} = \frac{3\upsilon}{4\boldsymbol{l}} = 3n_1$$

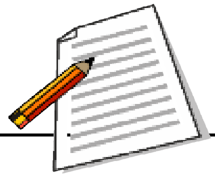
ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକକୁ ପ୍ରଥମ ଅଧିସ୍ୱରକ କିମ୍ବା ମୌଳିକରେ ତୃତୀୟ ସଂନାଦୀ କୁହାଯାଏ । ଆହୁରି ଅଧିକ ଜୋର୍‌ରେ ଫୁଙ୍କିଲେ, ଆହୁରି ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ଆହୁରି ଏକ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହେବ । ଚିତ୍ର 14.15(c) । ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହେବ

$\boldsymbol{l} = 1/2 + 1/2 + 1/4 = 51/4$ ବା $1 = 4\boldsymbol{l}/5$

ନିର୍ଗତ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି ହେବ,

$$n_3 = \frac{\upsilon}{\lambda} = \frac{5\upsilon}{4\boldsymbol{l}} = 5n_1$$

ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକକୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧିସ୍ୱରକ ବା ପଞ୍ଚମ ସଂନାଦୀ କୁହାଯାଏ । ଖୋଲା ପାଇପ୍ ଓ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ୱରକକୁ ତୁଳନା କଲେ ତୁମେ ଦେଖିବ ଖୋଲା ପାଇପ୍‌ରେ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ଅଧିସ୍ୱରକ ରହୁଛି । ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ରେ, ଯୁଗ୍ମ ସଂଖ୍ୟକ ସଂନାଦୀମାନ ନାହାନ୍ତି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉଦାହରଣ 14.5 :

ଏକା ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଟି ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍ ଅଛି - ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ଓ ଅନ୍ୟଟି ବନ୍ଦ । ସେମାନଙ୍କର ମୌଳିକ ଆବୃତ୍ତିର ଅନୁପାତ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : $\dfrac{\text{ଖୋଲା ନଳୀର ଆବୃତି}}{\text{ବନ୍ଦ ନଳୀର ଆବୃତି}} = \dfrac{\vartheta / 2l}{\vartheta / 4l} = 2$

\ ଖୋଲା ନଳୀରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ମୌଳିକ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି = 2 × ବନ୍ଦ ନଳୀରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ମୌଳିକ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.6

1. ତାରତ୍ୱର ଆବୃତ୍ତି ସହିତ କି ସଂପର୍କ ଅଛି ?

....

2. ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବାଦ୍ୟଯନ୍ତ୍ରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ସମାନ ଆବୃତ୍ତି ଓ ସମାନ ତୀବ୍ରତାର ଦୁଇଟି ସୁସ୍ୱର ଧ୍ୱନିର କେଉଁ ଅଭିଲକ୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ, ସେମାନଙ୍କୁ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ଅଲଗା ଚିହ୍ନି ହେବ ?

....

3. ତୁମ ବନ୍ଧୁର ସ୍ୱର ଚିହ୍ନିବାକୁ ତୁମକୁ ଧ୍ୱନିର କେଉଁ ଅଭିଲକ୍ଷଣ ସାହାଯ୍ୟ କରେ, ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

....

4. ଖୋଲା ଓ ବନ୍ଦ ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟରୁ, କେଉଁଥିରେ ଅଧିକ ଅଧିସ୍ୱରକ ଥାଏ ?

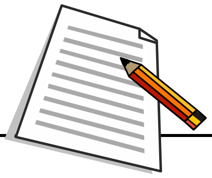
....

5. ସମାନ ଦୈର୍ଘ୍ୟର (i) ଗୋଟିଏ ଖୋଲା ପାଇପ୍ ଦ୍ୱାରା (ii) ଗୋଟିଏ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଗତ ସ୍ୱରକର ଅନୁପାତ କେତେ ?

....

6. ଏକ ଖୋଲା ପାଇପ୍‌ରୁ ନିର୍ଗତ ମୌଳିକ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ତାପମାତ୍ରାର ଯଦି କିଛି ପ୍ରଭାବ ଥାଏ, ତାହା କ'ଣ ?

....



ଟିପ୍ପଣୀ

ରବ ପ୍ରଦୂଷଣ

(Noise Pollution)

ଶ୍ରବଣ ନିମନ୍ତେ ଯେତେବେଳେ ଧ୍ୱନି ଅସ୍ୱସ୍ତିକର ହୁଏ, ତେବେ ରବ ପଦୂଷଣ ହେଉଛି ବୋଲି କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଅଧିକ ସମୟ ଏହା ରହିଲେ, ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରର କେତେକ ଅଙ୍ଗରେ ହାନିକାରକ ପ୍ରଭାବମାନ ହୁଏ । ଶିଳ୍ପାୟନ ଏବଂ ବିଜ୍ଞାନ ମନୁଷ୍ୟ ସମାଜକୁ ଦେଇଥିବା ଆଧୁନିକ ସୁଖସ୍ୱାଚ୍ଛନ୍ଦ୍ୟର ଦୁରୂପଯୋଗର ଉପଜାତ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ରବ ଏକତମ । ଏଠି ଆମେ ରବର ଉତ୍ସମାନଙ୍କର ସାରାଂଶ ଅର୍ଥାତ୍ ରବର ବର୍ଣ୍ଣନା ଏବଂ ଆମର ଦୃଷ୍ଟିକୋଣରୁ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରଭାବ ସଂପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ସାରଣୀ 14.1 ରବର ଉତ୍ସ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରଭାବ

ଉତ୍ସ	ତୀବ୍ରତା ସ୍ତର (ଡେସିବେଲ୍‌ରେ)	ମନୁଷ୍ୟ ଉପରେ ଦେଖାଯାଉଥିବା ପ୍ରଭାବ
ଶ୍ରବଣ ସୀମା	$0 (=10^{-12} Wm^{-2})$	ଶ୍ରବଣ ଆରମ୍ଭ ମାତ୍ର ।
ପତ୍ର ଖସ୍‌ଖସ୍	10	ଶାନ୍ତ
ସାଧାରଣ ଫୁସ୍‌ଫୁସ୍ (cohisper)	20	ଶାନ୍ତ
ଅଳ୍ପଜୋର୍‌ରେ ରେଡ଼ିଓ ବାଜିବା	40	ଶାନ୍ତ
ଧୀର ମୋଟର ଯାନ	50	ସାଧାରଣ ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା
ସାଧାରଣ ବାର୍ତ୍ତାଳାପ	65	ସାଧାରଣ ଧ୍ୱନି ପ୍ରବଳତା
ଗହଳ ରାସ୍ତାରେ ଯାତାୟାତ	70-80	ପ୍ରବଳ ଧ୍ୱନି
ମୋଟର ସାଇକଲ୍ ଓ ଭାରୀ ଯାନ	90	ଅତି ପ୍ରବଳ ଧ୍ୱନି
ପ୍ରାୟ 35 ମି. ଦୂରତାରେ ଜେଟ୍ ଇଂଜିନ୍	105	ଅସ୍ୱସ୍ତିକର
ବିଜୁଳି	$120 (=1 Wm^{-2})$	ଅସ୍ୱସ୍ତିକର
ଜେଟ୍ ପ୍ଲେନ୍ ଉପରକୁ ଉଠିଲା ବେଳେ	150	ଅତ୍ୟନ୍ତ କଷ୍ଟଦାୟକ ଧ୍ୱନି

(a) ରବ ପ୍ରଦୂଷଣର ପ୍ରଭାବ

1. ଏହା ଶ୍ରବଣ ଶକ୍ତିରେ ହାନି କରିଥାଏ । ଅତ୍ୟଧିକ ସମୟ ପାଇଁ 85 ବା 85 db ରୁ ଅଧିକ ପରିମାଣର ରବ ପ୍ରଭାବରେ କାନର ଭିତର ଅଂଶରେ ପ୍ରଭୂତ କ୍ଷତି ଘଟାଇଥାଏ ।

2. ଏହା ହୃତ୍‌ସ୍ପନ୍ଦନର ହାର ବୃଦ୍ଧି କରାଏ ଏବଂ ଚକ୍ଷୁର କନୀନିକାର ବିସ୍ଫାରଣ (dilation) କରେ ।

3. ଏହା ଆବେଗିକ ବିଚଳନ (emotional distubance), ଉତ୍ସୁକତା (anxiety) ଏବଂ ଅବସାଦ (nervousness) ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

4. ଏହା ଯୋଗୁଁ ଅତ୍ୟଧିକ ମୁଣ୍ଡବଥା ହୋଇ ବାନ୍ତି ହୁଏ ।

(b) ରବ ପ୍ରଦୂଷଣ ହ୍ରାସ କରିବାର ଉପାୟମାନ

1. ପୁରୁଣା ଶିଳ୍ପସଂସ୍ଥା ବାସସ୍ଥଳୀ ଠାରୁ ଘୁଞ୍ଚେଇ ନେବା ଏବଂ ନୂତନ ସଂସ୍ଥା ବାସସ୍ଥଳୀଠାରୁ ଦୂରରେ ସ୍ଥାପନ କରିବା ।

2. ଯନ୍ତ୍ରପାତିର ଉପଯୁକ୍ତ ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣ, ଏବଂ ଗତିଶୀଳ ଅଂଶମାନଙ୍କର ନିୟମିତ ତୈଳ ପ୍ରଦାନ ଓ ଘର୍ଷଣ ନିରୋଧକ ପ୍ରୟୋଗ ।

3. ଉନ୍ନତ ମାନର ଇଂଜିନ୍ ଓ ଯନ୍ତ୍ରପାତିର ପ୍ରସ୍ତୁତି ।

4. ଲାଉଡ୍‌ସ୍ପିକର୍ ଓ ଆମ୍ପ୍ଲିଫାୟର୍ ବ୍ୟବହାର ଉପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ।

5. ଧାର୍ମିକ, ରାଜନୈତିକ ଓ ବିବାହ ଶୋଭାଯାତ୍ରାରେ ବାଣଫୁଟା, ବାଜା ଓ ଲାଉଡ ସ୍ପିକର୍ ବ୍ୟବହାରକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ।

6. ରାସ୍ତାକଡ଼ରେ ଗଛ ଲଗାଇ ଧ୍ୱନି ପ୍ରସାରଣକୁ ବାଧା ଦେବା ।

7. ଧ୍ୱନି ଅବଶୋଷକ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ଧ୍ୱନିର ପଥ ଅବରୋଧ କରିବା ।

8. କାନରେ ତୁଳା ଏବଂ ପଶମର ଠିପି ବ୍ୟବହାର ।

ପ୍ରଘାତ ତରଙ୍ଗ (shock waves)

ଏକ ତରଙ୍ଗର ଉତ୍ସ ଯଦି ଧ୍ୱନି ଠାରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତି କରେ, ତେବେ ପ୍ରଘାତ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଦର୍ଶକର ମୁଣ୍ଡ ଉପରେ ପାରଧ୍ୱନିକ (supersonic)ଜେଟ୍ ଉଡ଼ିଲା ବେଳେ ସୃଷ୍ଟ ବିସ୍ଫୋରକ ଧ୍ୱନି ଏହାର ଜଣାଶୁଣା ଉଦାହରଣ । ଏଠି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାର କଥା ଯେ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁ ଧ୍ୱନି ଠାରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତି କରେ, ତାହା ସ୍ୱଂୟ ମଧ୍ୟ ଏକ ଧ୍ୱନିର ଉତ୍ସ ।

14.7 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ

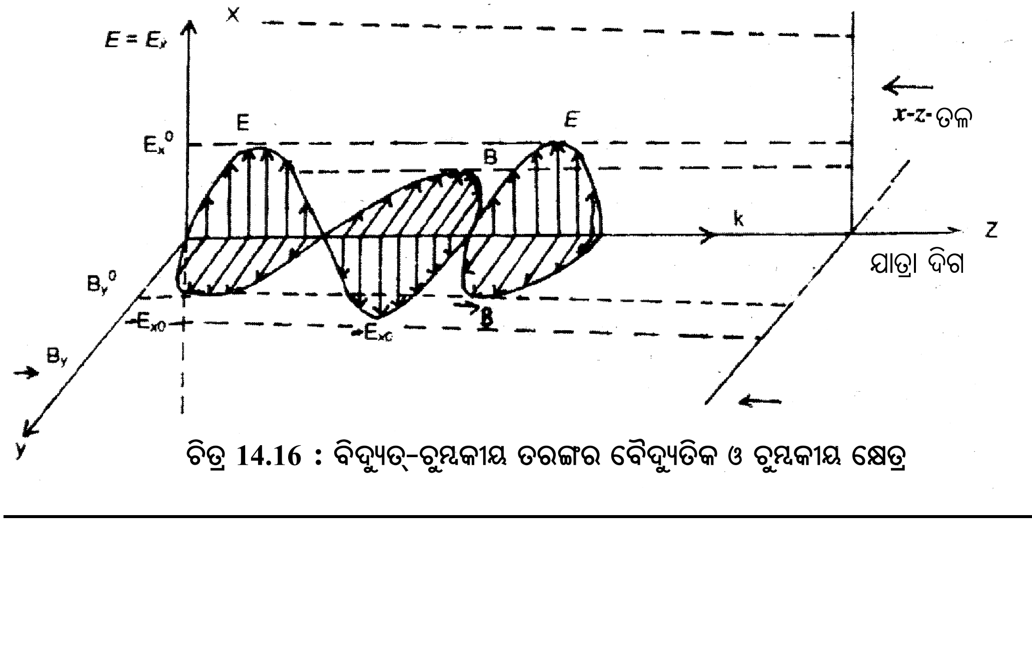
ତୁମେ ଜାଣିଛ ଆଲୋକ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ । 4000 $\mathring{A}$ ରୁ 7500 $\mathring{A}$ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଏକ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ବର୍ଣ୍ଣନା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି ।

14.7.1 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଧର୍ମମାନ :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ନିମ୍ନଲିଖିତ ଧର୍ମମାନ ଯତ୍ନସହକାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ।

(i) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଶ୍ରେଣୀର ।

(ii) ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଏବଂ ପ୍ରସାରଣ ଦିଗକୁ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବରେ ଦୋଳନ ଶୀଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର (**E**) ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟକ୍ଷେତ୍ର (**B**) ର ସମାହାରରେ ଏହାର ସୃଷ୍ଟି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ $\mathbf{E} = c\mathbf{B}$ (ଚିତ୍ର 14.16 ଦେଖ)



ଚିତ୍ର 14.16 : ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

(iii) ସେମାନେ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନ (ନିର୍ବାତରେ)ରେ ସମବେଗ = $\frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$

= 3 × 10 ମି ସେ$^{-1}$ = c (ଆଲୋକର ବେଗ) ରେ ଗତି କରନ୍ତି ।

ପାରଗମ୍ୟତା (Permeability) $m = (m_0.m_r)$. ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶୀଳତା (Permittivity) $e = (e_0.e_r)$, ହେଲେ

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}\sqrt{\mu_r.\varepsilon_r}} = \frac{c}{\sqrt{\mu_r.\varepsilon_r}} < c$$

(iv) ଏହି ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଆଚରଣ ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ସେମାନଙ୍କର ଆବୃତ୍ତି (ବା ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମାକ୍ସୱେଲ୍‌ଙ୍କ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ସମ୍ଭାବ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସୀମିତ ନୁହେଁ ଏବଂ ତେଣୁ 6×10^{-13} ମିଟରରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି ସଫଳ ହୋଇଛି । ବେତାର ପ୍ରସାରଣ ଉପଯୋଗୀ ତରଙ୍ଗ ଭଳି ଅତି ଦୀର୍ଘ ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟିର କୌଣସି ସୀମା ନାହିଁ । ଅତି ଦୀର୍ଘରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପରାସ (range) କୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀ** କୁହାଯାଏ ।

ଜେମସ୍ କ୍ଲାର୍କ୍ ମାକ୍ସୱେଲ୍

(1831 - 1879)

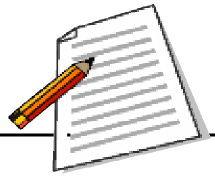
ସ୍କଟ୍‌ଲ୍ୟାଣ୍ଡବାସୀ ଗଣିତଜ୍ଞ ଓ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ମାକ୍ସୱେଲ୍ ତାଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତତ୍ତ୍ୱ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସିଦ୍ଧ । ତାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଯୋଜିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତତ୍ତ୍ୱ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ସେ ପରୋକ୍ଷରେ ଆଲୋକ ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ସୂଚାଇଲେ । ଏହା ଫଳରେ ଆଲୋକ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ସ୍ଥାପନ ହେଲା

କ୍ଲସିୟସ୍‌ଙ୍କ ସହିତ ସେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱର (kinetic theory of gases) ବିକାଶ କଲେ । ସେ ତାପ ପାଇଁ ଏକ ପରିସଂଖ୍ୟାନିକ ତତ୍ତ୍ୱର ବିକାଶ କଲେ । ବହୁ ପ୍ରତିଭାର ଅନୁରାଗୀ, ସେ ଶକ୍ତିର ସମବଣ୍ଟନ ତତ୍ତ୍ୱ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ତାପମାତ୍ରା ସାହିତ ଶ୍ୟାନତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ଶନିର ବଳୟମାନ ବୁଝାଇବାକୁ ମଧ୍ୟ ସେ ଚେଷ୍ଟା କରିଥିଲେ ।

14.7.2. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀ

ମାକ୍ସୱେଲ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଧାରଣା ଦେବା ସହିତ ହର୍ଜ୍, ଜେ.ସି.ବୋଷ, ମାର୍କୋନି ଏବଂ ଅନ୍ୟମାନେ ସେହି ସବୁ ତରଙ୍ଗ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କଲେ । ଅବଶ୍ୟ ସମସ୍ତ ପଦ୍ଧତିରେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଉତ୍ସ ହେଉଛି ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ଚାର୍ଜ** । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନ ସେମାନଙ୍କର ଉତ୍ପାଦନ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ କରାଯାଏ ଏବଂ ସେହି ଅନୁସାରେ ନାମିତ ହୁଏ । ବର୍ଣ୍ଣାଳୀନ କିଛି ଅଂଶରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଏକତ୍ର ଥିବାର ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ ସେହି ଅଂଶର ତରଙ୍ଗ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରେ । ଏଠାରେ ମନେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଭୌତିକ ଧର୍ମ ଏହାର ଆବୃତ୍ତି କିମ୍ବା ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୁଏ ଏବଂ ଯେଉଁ ପଦ୍ଧତିରେ ଏହାର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତାହା ଦ୍ୱାରା ନୁହେଁ** । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଏକ ଉପଯୁକ୍ତ ବର୍ଗୀକରଣକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀ କୁହାଯାଏ ।

ଗୋଟିଏ ଶ୍ରେଣୀର ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଶ୍ରେଣୀ ମଧ୍ୟରେ ସୀମାରେଖା ସୁନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶମାନ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି ।



ଟିପ୍ପଣୀ

(i) ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ବିକିରଣ ($v = 60$ Hz ରୁ 50 Hz,
$\lambda = 5 \times 10^6\text{m} - 6 \times 10^6\text{m}$)

ଏହା ଏ.ସି. ପରିପଥରୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହାକୁ ପାୱାର ଆବୃତ୍ତି ବା ପାୱାର ତରଙ୍ଗ ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ । ଏହି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ସର୍ବନିମ୍ନ ।

(ii) ବେତାର ତରଙ୍ଗ ($\lambda = 0.3$m ରୁ 10^6m,
$v = 10^9\text{Hz} - 300\text{Hz}$)

ପରିବାହୀ ତାର ମଧ୍ୟରେ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ଚାର୍ଜ କଣିକାର ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁଁ ବେତାର ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ସେମାନେ ଅସିଲେଟର ଭଳି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ୍ ଉପକରଣରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଏହାର ବେତାର ଓ ଟେଲିଭିଜନ ଯୋଗାଯୋଗରେ ବ୍ୟାପକ ପ୍ରୟୋଗ ହୁଏ ।

(iii) ମାଇକ୍ରୋୱେଭ ($\lambda = 10^{-3}\text{m} - 0.3\text{m}$,
$v = 10^{11}\text{Hz} - 10^9\text{Hz}$)

ଏହା ବିଶେଷ ଭାକମ୍ ଟ୍ୟୁବ୍‌ରେ ଅସିଲେସନ୍ କରୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ସେମାନଙ୍କର କ୍ଷୁଦ୍ର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯୋଗୁଁ ସେମାନେ ଉଡ଼ାଜାହାଜ ସଂଚାଳନରେ ବ୍ୟବହୃତ ରେଡ଼ାର ସଂସ୍ଥା ପାଇଁ ଅଧିକ ଉପଯୋଗୀ ଏବଂ ଟିଭି ଯୋଗାଯୋଗ ଓ ଜଡ଼ର ଆଣବିକ ଓ ପରମାଣବିକ ଧର୍ମ ଅଧ୍ୟୟନରେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ମାଇକ୍ରୋୱେଭ ଚୁଲାରେ ଏହି ବିକିରଣ ତାପ ତରଙ୍ଗ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଶୂନ୍ୟରେ ଏକ ସୌର ସଂଗ୍ରାହକରୁ ମାଇକ୍ରୋୱେଭ ପୃଥିବୀକୁ ପ୍ରେରଣ କରି ସୌର ଶକ୍ତିର ବିନିଯୋଗ ହୋଇ ପାରିବ ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

(iv) ଅବ-ଲୋହିତ ତରଙ୍ଗ ($v = 4.3 \times 10^{14}$ Hz ରୁ 3×10^{11} Hz
$\lambda = 7 \times 10^{-7}$m ରୁ 10^{-3} m

ଅବଲୋହିତ ତରଙ୍ଗ, ଯାହାକୁ ମଧ୍ୟ ତାପ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ, ଉତ୍ତପ୍ତ ବସ୍ତୁ ଓ ଅଣୁରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହା ଅଧିକାଂଶ ଜଡ଼ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ସହଜରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ । ଏହି ବିକିରଣକୁ ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ବସ୍ତୁର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଅବଲୋହିତ ବିକିରଣର ଅନେକ ବ୍ୟାବହାରିକ ଓ ବୈଜ୍ଞାନିକ ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି ଯାହା ମଧ୍ୟରେ ଅଛି ଫିଜିଓଥେରାପି (Physio therapy) ଓ ଅବଲୋହିତ ଫଟୋଗ୍ରାଫି ଇତ୍ୟାଦି । ଏକ ଥର୍ମୋପାଇଲ ଦ୍ୱାରା ଏହାକୁ ଜାଣିହୁଏ ।

(v) ଦୃଶ୍ୟମାନ ଆଲୋକ : ($\lambda = 4 \times 10^{-7}\text{m} - 7 \times 10^{-7}\text{m}$
$v = 7.5 \times 10^{14}$ Hz ରୁ 4.3×10^{14} Hz)

ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କୁ ମନୁଷ୍ୟ ଚକ୍ଷୁ ଚିହ୍ନିପାରେ ଅର୍ଥାତ ମନୁଷ୍ୟ ଚକ୍ଷୁର ରେଟିନା ଏମାନଙ୍କ ପ୍ରତି ସୁଗ୍ରାହୀ । ସମୁଦାୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀର ଏହା ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ । ପରମାଣୁ ଓ ଅଣୁମାନଙ୍କରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପୁନର୍ବିନ୍ୟାସ ଯୋଗୁଁ ଏହି ତରଙ୍ଗ ମାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବହିଃସ୍ଥ କକ୍ଷରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଟିଏ ନିମ୍ନ ଶକ୍ତି ସଂପନ୍ନ ଅନ୍ତର୍ବର୍ତ୍ତୀ କକ୍ଷକୁ ଲମ୍ଫ ପ୍ରଦାନ କଲେ ବଳକା ଶକ୍ତି ଦୃଶ୍ୟମାନ ବିକିରଣ ରୂପରେ ବିକିରିତ ହୁଏ । ଦୃଶ୍ୟମାନ ଆଲୋକର ବିଭିନ୍ନ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବାଇଗିଣି ($\lambda = 4 \times 10^{-7}$m) ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଲୋହିତ ($\lambda = 7 \times 10^{-7}$m) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରଙ୍ଗରେ ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ କରାଯାଏ । ମନୁଷ୍ୟ ଚକ୍ଷୁ ପୀତ-ସବୁଜ ଅଂଶ ($\lambda = 5 \times 10^{-7}$m) ପ୍ରତି ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ । ପୃଥିବୀର ଆମର ପରିପାର୍ଶ୍ୱ ସହିତ ଯୋଗସୂତ୍ରର ଭିତ୍ତି ହେଉଛି ଆଲୋକ ।

(vi) ଅତି ବାଇଗଣୀ : ($\lambda = 3 \times 10^{-9}\text{m} - 4 \times 10^{-7}\text{m}$
$v = 10^{-17}$ Hz ରୁ 7.5×10^{14} Hz)

ସୂର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି ଅତିବାଇଗିଣୀ ବିକିରଣର ମୁଖ୍ୟ ଉତ୍ସ । ଏହା ଯୋଗୁଁ ହିଁ ମୁଖ୍ୟତଃ ଖରାରେ ଚମଡ଼ା ସିଝିଯାଏ । ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ନିର୍ଗତ ଅତିବାଇଗିଣୀ ଆଲୋକର ଅଧିକ ଭାଗ ଉପର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଓଜୋନ୍ ଗ୍ୟାସ୍ ଥିବା ଅଂଶ ସମୋଷ୍ଣମଣ୍ଡଳ

ଟିପ୍ପଣୀ

(stratosphere) ରେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଅବଶେଷିତ ହୁଏ । ଏହି ଓଜୋନ ସ୍ତର ଅବଶୋଷିତ ଶକ୍ତିକୁ ତା'ପରେ ତାପ ରୂପରେ ବିକିରଣ କରେ । ତେଣୁ ମାରାତ୍ମକ (ଜୀବନ୍ତ ପ୍ରାଣୀ ନିମିତ୍ତ ହାନିକାରକ) ବିକିରଣ ଓଜୋନ୍ ଗ୍ୟାସ ଦ୍ୱାରା ଉପଯୋଗୀ ତାପ ବିକିରଣରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ସମୋଷ୍ଣ ମଣ୍ଡଳକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କରେ । ପାନୀୟ ଜଳରେ ବ୍ୟାକ୍ଟେରିଆ ମାରିବାକୁ, ଅପରେସନ ଥିଏଟରରେ କୀଟାଣୁ ନାଶ କରିବାକୁ ଏବଂ ଦଲିଲ୍‌ରେ ଜାଲ୍ ଯାଞ୍ଚ କରିବାରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଅତି ବାଇଗିଣୀ ରଶ୍ମିର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(vii) ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି : ($\lambda = 4 \times 10^{-13}$m – 4×10^{-8}m

$v = 7.5 \times 10^{20}$ Hz ରୁ 7.5×10^{15} Hz)

ଟଙ୍ଗ୍‌ଷ୍ଟେନ୍ ଭଳି (ଉଚ୍ଚ ଗଳନାଙ୍କ ଥିବା) ଏକ ଧାତବ ଲକ୍ଷ୍ୟକୁ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ସଂପନ୍ନ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ସଂଘାତ ଫଳରେ ଏହା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଚିକିତ୍ସା ବିଜ୍ଞାନରେ ରୋଗ ନିରୂପଣରେ ଏବଂ କେତେକ ଶ୍ରେଣୀର କ୍ୟାନସର ଚିକିତ୍ସା କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର ମୁଖ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ ହୁଏ । ଏହା ଜୀବନ୍ତ ତନ୍ତୁକୁ ନଷ୍ଟ କରିଦେଉଥିବାରୁ ଶରୀରର କୌଣସି ଅଂଶରେ ମାତ୍ରାଧିକ ପରିମାଣରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିବାକୁ ଦିଆଯାଏ ନାହିଁ । ସ୍ଫଟିକ ଗଠନ ଅଧ୍ୟୟନରେ ମଧ୍ୟ ରଂଜନ ରଶ୍ମିର ପ୍ରୟୋଗ ହୁଏ । ଏହାକୁ ଫଟୋଗ୍ରାଫିକ ପ୍ଲେଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜାଣି ହୁଏ ।

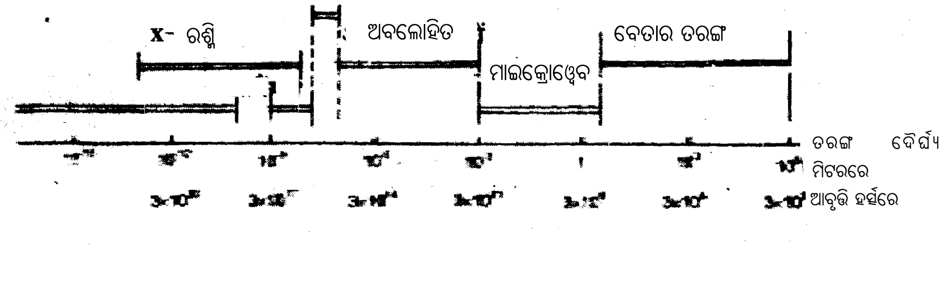
(viii) ଗାମା ରଶ୍ମି ($\lambda = 6 \times 10^{-17}$m – 10^{-10}m

$v = 5 \times 10^{24}$ Hz ରୁ 3×10^{18} Hz)

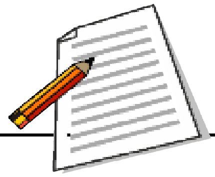
କୋବାଲ୍ଟ (60) ଏବଂ ସିସିୟମ୍ (137) ଭଳି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ଏବଂ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ କେତେକ ନ୍ୟୁକ୍ଲୀୟ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସମୟରେ ଏମାନେ ନିର୍ଗତ ହୁଅନ୍ତି । ଏମାନେ ଅତି ମାତ୍ରାରେ ସୁଭେଦୀ ଏବଂ ଜୀବନ୍ତ ତନ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷଣ ଫଳରେ ଅତ୍ୟଧିକ ହାନି ହୋଇଥାଏ । ଗାମା ରଶ୍ମିର ମାରାତ୍ମକ ପ୍ରଭାବରୁ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କୁ ରକ୍ଷା କରିବାକୁ ମୋଟା ଦସ୍ତା ଚାଦରର ଘୋଡ଼ଣୀ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଶକ୍ତି E ସେମାନଙ୍କର ଆବୃତ୍ତି v ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ($E=hv$) ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବିପରୀତାନୁପାତୀ $E=hv=\frac{hc}{\lambda}$ । ଅତଏବ ଗାମା ରଶ୍ମି ସବୁଠାରୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଓ ସୁଭେଦୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଅଥଚ ପାୱାର ଆବୃତ୍ତି ଏବଂ AM ବେତାର ତରଙ୍ଗ ସବୁଠୁ ଦୁର୍ବଳ ବିକିରଣ । ଧାତବ ଛାଞ୍ଚରେ ତ୍ରୁଟି ଜାଣିବାକୁ ଗାମା ରଶ୍ମି ବ୍ୟବହାର ହୁଏ । ଗାଇଗର ନଳୀ (Geiger tube) ବା ପ୍ରସ୍ଫୁରଣ ଗଣିତ୍ର (Scintillating counter) ଦ୍ୱାରା ଏହାକୁ ଚିହ୍ନି ହୁଏ ।

ବର୍ଣ୍ଣାଳୀର ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ବିକିରଣ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରକାର ଭେଦରେ ବିଭିନ୍ନ ଗୁଣଧର୍ମ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଦୃଶ୍ୟମାନ ଆଲୋକ ପାଇଁ ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରର ସମସ୍ତ ଅଂଶ ଅସ୍ୱଚ୍ଛ । ମନୁଷ୍ୟର ତନ୍ତୁ ରଂଜନ ରଶ୍ମି ପାଇଁ ସ୍ୱଚ୍ଛ କିନ୍ତୁ ଅସ୍ଥିମାନେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅସ୍ୱଚ୍ଛ । ସେହିଭଳି ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ବିକିରଣ ନିମିତ୍ତ ଭିନ୍ନ ଭାବରେ ଆଚରଣ କରନ୍ତି ।



ଚିତ୍ର 14.17 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀ



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.7

1. ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପୂରଣ କର :

   (i) ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଧରଣର ଭାକୁମ୍ ଟ୍ୟୁବ୍‌ରେ ଦୋଳନରତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁଁ .... ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

   (ii) ମନୁଷ୍ୟର ଚକ୍ଷୁ .... ରଙ୍ଗର ଆଲୋକ ପାଇଁ ସର୍ବାଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ ।

   (iii) .... ହେଉଛି ଅତି ବାଇଗିଣି ରଶ୍ମିର ପ୍ରଧାନ ଉତ୍ସ ।

   (iv) ଡାକ୍ତରଖାନାରେ ରୋଗ ଚିହ୍ନଟ ପାଇଁ .... ବ୍ୟବହାର ହୁଏ ।

   (v) ଅବଲୋହିତ ବିକିରଣକୁ .... ସାହାଯ୍ୟରେ ଚିହ୍ନି ହେବ ।

2. କେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗଟି ଅଧିକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ?

   (i) ଅତି ବାଇଗିଣି କି ଅବଲୋହିତ ?

   (ii) ରଂଜନ ରଶ୍ମି କି ଗାମା - ରଶ୍ମି ?

3. ଉଡ଼ାଜାହାଜ ପଥ ପ୍ରଦର୍ଶନ ପାଇଁ କେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ରେଡ଼ାର୍‌ରେ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ ?

   ....

4. ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ଅତି ବାଇଗିଣୀ ରଶ୍ମି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ପହଞ୍ଚିବା ପୂର୍ବରୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର କେଉଁ ଗ୍ୟାସ ତାହାକୁ ଅବଶୋଷଣ କରେ ?

   ....

5. ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପର ପ୍ରତି କିଭଳି ରହିଥା'ନ୍ତି ?

   ....

14.8 ଡପଲର ପ୍ରଭାବ

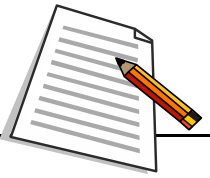
ଟ୍ରେନ୍ ଆସିବା ପାଇଁ ପ୍ଲାଟଫର୍ମରେ ଅପେକ୍ଷା କଲା ବେଳେ ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିବ ଯେ ଇଂଜିନ୍ ତୁମ ଆଡ଼କୁ ଆସିବା ବେଳ ତୁଳନାରେ ଇଂଜିନ୍ ଦୂରେଇ ଗଲା ବେଳେ ହୁଇସିଲ୍‌ର ତାରତ୍ୱ ଭିନ୍ନ । ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିବ ଯେ ଇଂଜିନ ତୁମ ପାଖକୁ ଆସିଲା ବେଳେ ତାରତ୍ୱ ଇଂଜିନ୍ ଦୂରକୁ ଗଲାବେଳ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ । ସେହିଭଳି ପାହାଡ଼ ଉପରକୁ ଚଢ଼ିଲା ବେଳେ ଗୋଟିଏ ବସ୍‌ର ହର୍ନ୍‌ର ତାରତ୍ୱ କ୍ରମାଗତ ଭାବେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

ଉତ୍ସ ଓ ଦର୍ଶକ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ଯୋଗୁଁ ଆବୃତ୍ତିରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ ହେଉଥିବା ଆପାତ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଡପଲର ପ୍ରଭାବ କୁହାଯାଏ ।

କ୍ରିଷ୍ଟିୟାନ୍ ଡପଲର

(1803-1853)

1803 ମସିହା ନଭେମ୍ବର 29 ତାରିଖରେ ଅଷ୍ଟ୍ରିୟାରେ ଏକ ପଥର ମିସ୍ତ୍ରୀ ପରିବାରରେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ଓ ଗଣିତଜ୍ଞ ସି.ଜେ.ଡପ୍‌ଲର୍ (C.J. Doppler) ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ସେ ଥିଲେ ଜଣେ ପାଣ୍ଡୁର ଓ ଦୁର୍ବଳ ବ୍ୟକ୍ତି ଓ ପାରିବାରିକ ବ୍ୟବସାୟ ପାଇଁ ତାଙ୍କୁ ଉପଯୁକ୍ତ ମନେ କରାଯାଉ ନ ଥିଲା । ତେଣୁ ସାଲଜବର୍ଗ ଲିକୋସିନ୍ (Salzburg Lycousin) ଗଣିତର ଅଧ୍ୟାପକଙ୍କ ସୁପାରିଶରେ ତାଙ୍କୁ ଭିଏନାର ପଲିଟେକ୍‌ନିକ କୁ ପଠାଗଲା ଏବଂ ସେଠାରୁ ସେ 1825 ରେ ସ୍ନାତକ ହେଲେ ।



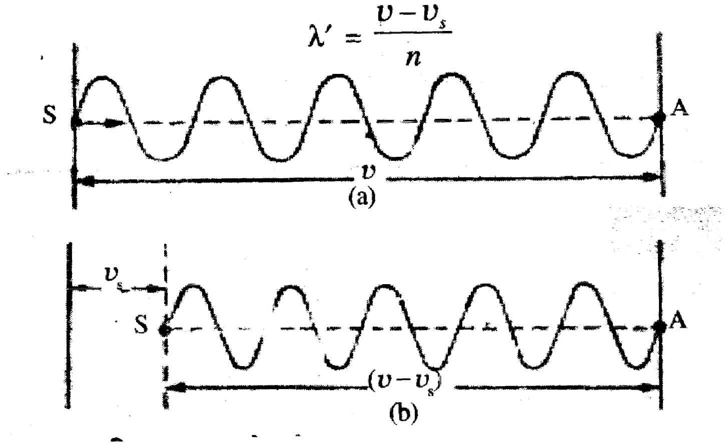
ଟିପ୍ପଣୀ

ଜୀବନସାରା ସଂଗ୍ରାମୀ, ଡପଲରଙ୍କୁ 18 ମାସ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ଲୁଗା ବୁଣା କାରଖାନାରେ ହିସାବ ରକ୍ଷକ ଭାବରେ କାମ କରିବାକୁ ହୋଇଥିଲା । ପ୍ରାଗ୍‌ର ବୈଷୟିକ ମାଧ୍ୟମିକ ବିଦ୍ୟାଳୟରେ ସ୍ଥାୟୀ ଚାକିରୀ ପାଇବା ପରେ ହିଁ 1836 ମସିହାରେ ବିବାହ କରିବା କଥା ଚିନ୍ତା କରିପାରିଲେ । ପଲିଟେକ୍‌ନିକ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଅତି କଠିନ ପ୍ରଶ୍ନପତ୍ର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିବାରୁ ତାଙ୍କୁ ଥରେ ଭର୍ତ୍ସନା କରାଯାଇଲା । ସେ ସମସ୍ତ ବାଧାବିଘ୍ନ ସତ୍ତ୍ୱେ ଯାତ୍ରାପଥରେ ଅଗ୍ରସର ହେଲେ ଏବଂ ଶେଷରେ ଭିଏନା ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟରେ ନୂତନ ସ୍ଥାପିତ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ପ୍ରତିଷ୍ଠାନର ପ୍ରଥମ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଭାବେ ସ୍ଥାନ ପାଇବାରେ ସକ୍ଷମ ହେଲେ ।

ତାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଆବିଷ୍କୃତ ଡପଲର ପ୍ରଭାବ ଯୋଗୁଁ ସେ ରାତାରାତି ବିଖ୍ୟାତ ହୋଇଗଲେ । କାରଣ ଧ୍ୱନି ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଆଲୋକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଏହାର ସୁଦୂର ପ୍ରସାରୀ ପ୍ରଭାବ ଥିଲା । ରେଡ଼ାର୍, ସୋନାର୍ ଏବଂ ପ୍ରସାରଣଶୀଳ ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡର ଧାରଣା ଇତ୍ୟାଦି ବିଜ୍ଞାନ ଓ ପ୍ରଯୁକ୍ତି ବିଦ୍ୟାର ବିଭିନ୍ନ ବିକାଶ ସମ୍ଭବ ହୋଇଛି ଡପଲର ପ୍ରଭାବ ଯୋଗୁଁ । ଇଟାଲୀର ଭେନିସ୍‌ରେ ମାର୍ଚ୍ଚ 17, 1853 ରେ ତାଙ୍କର ମୃତ୍ୟୁ ହେଲା ।

ମନେକର, ମାଧ୍ୟମ (ବାୟୁ) ତୁଳନାରେ ଧ୍ୱନିର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିବେଗ υ, ଧ୍ୱନି ଉତ୍ସର ପରିବେଗ υ_s ଏବଂ ଦର୍ଶକର ପରିବେଗ υ_0 ଅଟେ । ଏହା ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ ଏକ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁରୁ ନିର୍ଗତ ତରଙ୍ଗ ଧ୍ୱନିର ବେଗକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରେ ନାହିଁ । ବେଗ υ ମାଧ୍ୟମର ଧର୍ମ । ଉତ୍ସରୁ ବାହାରି ଯିବା ପରେ ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ସକୁ ଭୁଲିଯାଏ । ମନେକର, ଉତ୍ସ, ଦର୍ଶକ ଏବଂଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ବାମରୁ ଡାହାଣକୁ ଗତି କରନ୍ତି । ପ୍ରଥମରେ ଉତ୍ସର ଗତିର ପ୍ରଭାବ କଥା ବିଚାର କରାଯାଉ ।

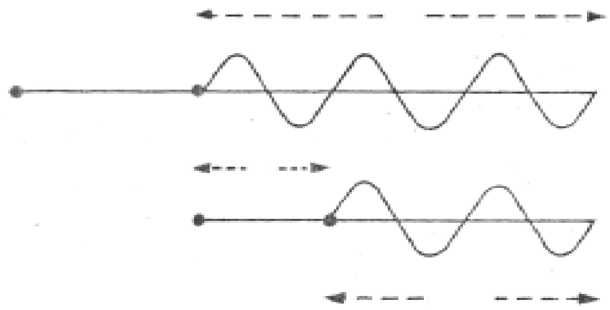
ଉତ୍ସ S ରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ୱରକ ନିର୍ଗତ ହେବାର 1 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ A ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚେ । ଏଠାରେ SA = υ । ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସ ଗତି କରେ υ_s ଦୂରତା । ତେଣୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ସମସ୍ତ n ସଂଖ୍ୟକ ତରଙ୍ଗ $x = \upsilon - \upsilon_s$ ସ୍ଥାନରେ ସୀମିତ ରହନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ତରଙ୍ଗର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଇ ହୁଏ । (14.22)



ଚିତ୍ର 14.18 ଉତ୍ସର ଗତି ଯୋଗୁଁ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଗହଳି

ବର୍ତ୍ତମାନ **ଦର୍ଶକର ଗତି** ଉପରେ ପ୍ରଭାବ ବିଚାର କରାଯାଉ । O ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ ପହଞ୍ଚିବା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତରଙ୍ଗଟି ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପରେ B ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚେ । ଏଠାରେ OB = υ । କିନ୍ତୁ ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଦର୍ଶକ O ରୁ O′ ବିନ୍ଦୁକୁ ଗତି କରିଛି । ତେଣୁ କେବଳ O′B ପରିସରରେ ଥିବା ତରଙ୍ଗମାନେ ହିଁ ଦର୍ଶକକୁ 1 ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତିକ୍ରମ କରିଛନ୍ତି । ତେଣୁ ଦର୍ଶକକୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତିକ୍ରମ କରିଥିବା ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି

$$n' = (\upsilon - \upsilon_0)/\lambda'$$



. ଚିତ୍ର 14.19 ଏକ ଗତିଶୀଳ ଦର୍ଶକ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ତରଙ୍ଗମାନ

ସମୀକରଣ 14.22 ରୁ λ' ର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇବା

$$n' = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{\upsilon - \upsilon_s} n \qquad (14.24)$$

ଉଭୟ ଉତ୍ସ ଏବଂ ଦର୍ଶକ ଉତ୍ସ ପଟୁ ଦର୍ଶକ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ବେଳେ ଉପଲବ୍ଧ ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି n'

ସମୀକରଣ 14.24 ର ପ୍ରୟୋଗ ନିମିତ୍ତ ଉତ୍ସରୁ ଦର୍ଶକ ଦିଗରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗକୁ ପଜିଟିଭ୍ ନିଆଯାଏ । ସେହିପରି υ_0 ଏବଂ υ_s ଯଦି υ ଦିଗରେ ହୁଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କୁ ପଜିଟିଭ୍ ଏବଂ ବିପରୀତ ପାଇଁ ଓଲଟା ନିଆଯାଏ ।

ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଭଳି ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହେବା ଯୋଗଁ ଡପଲର ପ୍ରଭାବର ବିଶେଷ ଉପଯୋଗ ହୁଏ । ମୁଖ୍ୟତଃ, ପ୍ରସାରଣଶୀଳ ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡର ଧାରଣା ଆମେ ଏଥିରୁ ପାଇଲୁ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉଦାହରଣ ଆମକୁ ଡପଲର୍ ପ୍ରଭାବ ବୁଝିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ ।

ଉଦାହରଣ 14.6 :

ସ୍ପେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପିକ ବିଶ୍ଳେଷଣରେ ଦେଖାଗଲା ଯେ ଗୋଟିଏ ତାରକାରୁ ଆସୁଥିବା ଆଲୋକରେ ବର୍ଣାଳୀ ରେଖା ବର୍ଣ୍ଣାଳୀର ଲୋହିତ ପ୍ରାନ୍ତ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହେଉଛି । ଲୋହିତ ବିସ୍ଥାପନ ଭାବେ ଜଣା ଏହି ବିସ୍ଥାପନ ଯଦି 0.032% ହୁଏ, ତେବେ ତାରକାର ଅପସାରଣ ପରିବେଗ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାରକା ହେଉଛି ତରଙ୍ଗର ଉତ୍ସ । ଦର୍ଶକ ପୃଥିବୀରେ ସ୍ଥିର ଅଛି । ଏଭଳି ଅବସ୍ଥାରେ

$$\lambda' = \frac{\upsilon - \upsilon_s}{n}$$

କିନ୍ତୁ $n = \upsilon/\lambda$ ତେଣୁ $\lambda' = \frac{\upsilon - \upsilon_s}{\upsilon / \lambda}$

$$= \lambda \frac{(\upsilon - \upsilon_s)}{\upsilon}$$

$$= \lambda \left(1 - \frac{\upsilon_s}{\upsilon}\right)$$

ପଦମାନଙ୍କର ପୁନର୍ବିନ୍ୟାସ କରି

ଟିପ୍ପଣୀ

$$\frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} = -\frac{\upsilon_s}{\upsilon}$$

ଅଥବା $$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = -\frac{\upsilon_s}{\upsilon}$$

ଆମକୁ ଜଣା ଅଛି, $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 0.032/100$ ଏବଂ ଯେହେତୁ $u = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

ଆମେ ପାଇବୁ, $u_s = u\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = -(3 \times 10^8 ms^{-1} \times 0.032/100) = -9.6 \times 10^4 ms^{-1}$

ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଉଛି ଯେ ତାରକାଟି ଅପସରି ଯାଉଛି । ଏହା ଯୋଗୁଁ ଜ୍ୟୋତିପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀମାନେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କଲେ ଯେ ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡ ପ୍ରସାରଣଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛି ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 14.8

1. ଏକ ବୁଡ଼ାଜାହାଜରେ ଲଗାଯାଇଥିବା ଏକ ସୋନାର୍ 40.0 କି.ହର୍ସ୍ ଆବୃତ୍ତିରେ କାମ କରୁଛି । ଶତ୍ରୁ ପକ୍ଷର ଏକ ବୁଡ଼ାଜାହାଜ ତାହା ଦିଗରେ 100 ms^{-1} ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ସୋନାରରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ହିସାବ କର । ଜଳରେ ଧ୍ୱନିର ବେଗ 1950 ମି.ସେ. ନିଅ ।

....

2. 200 ହର୍ସ୍ ଆବୃତ୍ତିର ହୁଇସିଲ ବଜାଉଥିବା ଏକ ଇଂଜିନ୍ ପାହାଡ଼ ଦିଗରେ 16ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଗତି କରିବା ଯୋଗୁଁ ପାହାଡ଼ରୁ ଏକ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଏ । ଡ୍ରାଇଭର ଶୁଣୁଥିବା ପ୍ରତିଧ୍ୱନିର ଆବୃତ୍ତି ହିସାବ କର । ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 340 ms^{-1}

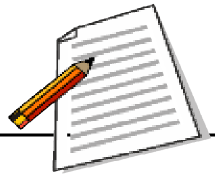
....

ଆଲୋକର ବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ

ଆରିଷ୍ଟୋଟଲ ବିଶ୍ୱାସ କରୁଥିଲେ ଯେ ଆଲୋକ ଅସୀମ ପରିବେଗରେ ଗତି କରେ । ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1876 ରେ ପ୍ରଥମେ ଡେନମାର୍କର ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଦ୍ ରୋମର ପାରିସ୍ ବିଜ୍ଞାନ ଏକାଡ଼େମୀରେ ସୂଚନା ଦେଲେ ଯେ ପରାଗର ଅସଙ୍ଗତ ଆଚରଣ, ବୃହସ୍ପତିର ଅର୍ନ୍ତବର୍ତ୍ତୀ ଉପଗ୍ରହ Io ର ପରିକ୍ରମଣ କାଳ ଇତ୍ୟାଦି ଆଲୋକର ସସୀମ ପରିବେଗ ଯୋଗୁଁ ହୋଇ ପାରିଥାଏ । ଫିଜିଉ୍ (Feazeu), ଫୋକଲ୍ଟ, (Focult) ମାଇକେଲସନ୍ (Michelson) ଏବଂ ଅନେକ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ବାୟୁରେ ଆଲୋକର ବେଗ ନିରୂପଣ କରିବାକୁ ସୂକ୍ଷ୍ମାତିସୂକ୍ଷ୍ମ ପରୀକ୍ଷଣମାନ କଲେ ।

1905 ମସିହାରେ ଆଲବର୍ଟ ଆଇନଷ୍ଟାଇନଙ୍କର ବିଶିଷ୍ଟ ଆପେକ୍ଷିକ ବାଦ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ସନ୍ଦର୍ଭର ଯୁକ୍ତି ଦୁଇଟି ସ୍ୱୀକାର ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ ହୋଇଥିଲା । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ୱୀକାର ଥିଲା ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଉତ୍ସର ବେଗ କିମ୍ବା ଦର୍ଶକର ବେଗ ଯାହାହେଲେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ବାତ ପରିସରରେ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହେ । ନିର୍ବାତ ପରିସରରେ ଆଲୋକର ପରିବେଗ ଏକ ସର୍ବକାଳୀନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ବୋଲି 1983 ମସିହାରେ ଘୋଷଣା ହେଲା । ଏହାର ମୂଲ୍ୟ 299792458 ମି./ସେ.$^{-1}$

ତଥାପି ଅଷ୍ଟ୍ରେଲିୟ ଗବେଷକ ବାରି ସେଟର ଫିଲଡ (Barry Setter-field) ଏବଂ ଟ୍ରେଭନ ନରୱା (Trevn Norwa) ନିର୍ବାତ ପରିସରରେ ଆଲୋକର ବେଗ ସଂପର୍କିତ 16 ଟି ଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷାଲବ୍ଧ ତଥ୍ୟ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଛନ୍ତି । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସମୟରେ ବିଗତ 300 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥିଲା ।

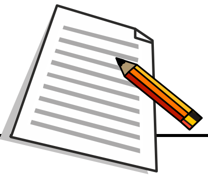


ଟିପ୍ପଣୀ

ସେମାନଙ୍କ ମତରେ, ସମୟ ସହିତ ନିର୍ବାତ ପରିସରରେ ଆଲୋକର ବେଗ ହ୍ରାସ ପାଉଛି । ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଯଦି ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ସାବ୍ୟସ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ବଜାୟ ରହେ, ତେବେ ପୃଥିବୀ ସଂପର୍କରେ ଆମର ଦୃଷ୍ଟିକୋଣରେ ବ୍ୟାପକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ । ଯେଉଁ ମୁଖ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ବ୍ୟାପକ ହେବ, ସେମାନେ ହେଲେ : ମାକ୍ସ୍‌ୱେଲଙ୍କ ନିୟମମାନ, ପାରମାଣବିକ ଗଠନ, ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କ୍ଷୟ, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ, ଶୂନ୍ୟ, ସମୟ ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଇତ୍ୟାଦିର ଧାରଣ ।

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ଏକ ତରଙ୍ଗ ଗତିରେ ସମକଳାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ନିକଟତମ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତାକୁ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।
- x - ଅକ୍ଷରେ ପ୍ରସାରଣଶୀଳ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ ହେଉଛି $y = a \sin (ut - kx)$
- ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚରଣର ମାତ୍ରାକୁ ତୀବ୍ରତା କୁହାଯାଏ ।
- ପ୍ରସାରର ଦିଗ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଯଦି ମାଧ୍ୟମର କଣିକାମାନ କଂପନ୍ନ କରନ୍ତି, ତେବେ ତରଙ୍ଗକୁ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ କିନ୍ତୁ ଯଦି କଂପନ୍ନ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ଦିଗରେ ହୁଏ, ତେବେ ତରଙ୍ଗକୁ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ । ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଓ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ $u = \sqrt{T/m}$ ଏବଂ $u = \sqrt{E/\rho}$ ରୂପରେ ଦିଆଯାଏ ।
- ଏକ ଘନ ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଲେ, କଳା, p ପରିମାଣରେ ଓଲଟିଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଲଘୁ ମାଧ୍ୟମରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଲେ, କଳା ଓଲ୍‌ଟେ ନାହିଁ ।
- ଦୁଇ ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହେଲେ, ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିସ୍ଥାପନର ସମଷ୍ଟି । ସମ ଆବୃତ୍ତିର କିନ୍ତୁ ଭିନ୍ନ କଳାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ସମସରଳରୈଖିକ ତରଙ୍ଗ ସମାନ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁ ଶକ୍ତିର ପୁର୍ନବଣ୍ଟନ ହୋଇ ବ୍ୟତିକରଣର ନମୁନା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।
- ସମାନ ଆୟାମ ଓ ସମାନ ଆବୃତ୍ତିର ଦୁଇଟି ସମ ସରଳ ରୈଖିକ ତରଙ୍ଗ ସମବେଗରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏଭଳି ତରଙ୍ଗରେ ତରଙ୍ଗ ରୂପର ଗତି ହୁଏ ନାହିଁ ।
- ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ବା ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ହେଉଛି 1/2 । ଏଥିରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଦୁଇ ନିକଟତମ ନିସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଅଛି ଏବଂ ଦୁଇଟି ନିକଟତମ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଅଛି ।
- ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦରେ ବିସ୍ଥାପନ ସର୍ବାଧିକ ଏବଂ ନିସ୍ପନ୍ଦରେ ଏହା ସର୍ବନିମ୍ନ ।
- ସମୀକରଣ $b = 10 \log (I/I_0)$ ଦ୍ୱାର ତୀବ୍ରତାର ସ୍ତରର ସଂଜ୍ଞା ଦିଆଯାଏ । ଏଠାରେ I_0 ହେଉଛି ଏକ ଯାଦୃଚ୍ଛିକ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ସୂଚକ । ଏଠାରେ I_0 ର ମୂଲ୍ୟ $10^{-12}\,W\,m^{-2}$ ଅଟେ । ତୀବ୍ରତାର ସ୍ତର ଡେସିବେଲ୍‌ରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ (ସୂଚକ db)
- ସ୍ୱସ୍ୱର ଧ୍ୱନିର ଯେଉଁ ଅଭିଲକ୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବାଦ୍ୟଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ସମାନ ତାରତ୍ୱ ଓ ସମାନ ପ୍ରବଳତାର ଧ୍ୱନି ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଜାଣି ହୁଏ, ତାହାକୁ ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ କୁହାଯାଏ ।
- ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଶ୍ରେଣୀର ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରସାରଣ ନିମିତ୍ତ ମାଧ୍ୟମର ଆବଶ୍ୟକତା ନାହିଁ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

- ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $4000\,\overset{0}{A} - 7500\,\overset{0}{A}$ ପରାସରରେ ଥିବା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ହେଉଛି ଆଲୋକ ।
- ମାଧ୍ୟମର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।
- ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନ ବେତାର ଯୋଗାଯୋଗ, ଟିଭି ପ୍ରସାରଣ ଏବଂ ଉପଗ୍ରହ ଯୋଗାଯୋଗ ଇତ୍ୟାଦିରେ ବ୍ୟବାହାର ହୁଏ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ତୁମେ ଏକ ସାଧାରଣ ରୂପରେ ତରଙ୍ଗର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ ।
2. ଏକ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ନମୁନା ସହିତ ଏକ (i) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଓ (ii) ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ବୁଝାଅ । ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଆବୃତ୍ତିର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ ।
3. କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ଏବଂ ପ୍ରସାରଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ k ର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ ଏବଂ ତେଣୁ ଦର୍ଶାଅ ଯେ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ପରିବେଗ ହେଉଛି $u = w / k = nl$ ।
4. କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ଥିବା ଏକ (i) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ (ii) ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର ।
5. (i) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ (ii) ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ନିମିତ୍ତ ମାଧ୍ୟମର ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ଧର୍ମମାନ କ'ଣ ?
6. ମାଧ୍ୟମର ସାନ୍ଦ୍ରତା, ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ, ତରଙ୍ଗର ଆୟାମ ଏବଂ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ସଂଜ୍ଞାରେ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତା ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।
7. ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପିରବେଗ ନିମିତ୍ତ ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ଲେଖ ଏବଂ ଲାପ୍ଲାସେଙ୍କ ସଂଶୋଧନ ବୁଝାଅ ।
8. କେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗର (i) ଅନୁକୂଳ (constructive) (ii) ପ୍ରତିକୂଳ (destructive) ବ୍ୟତିକରଣ ହୁଏ ?
9. ତ୍ରିକୋଣମିତି ବ୍ୟବହାର କରି ଦର୍ଶାଅ ଯେ ଯଦି ସମାନ କୌଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି w ଏବଂ ସମାନ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l କିନ୍ତୁ ଭିନ୍ନ ଆୟାମ a_1 ଓ a_2 ର ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହୁଏ, ତେବେ ପରିଣାମୀ ଆୟାମ $A = \sqrt{a_2^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos\theta}$ । ଏଠାରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର (i) $q = 0$ । (ii) $q = 2p$ (iii) $q = (2m+1)p$ ପାଇଁ A ର ମୂଲ୍ୟ କେତେ ହେବ ?
10. ବିସ୍ପନ୍ଦକ କ'ଣ ? ସେମାନେ କିପରି ସୃଷ୍ଟି ହୁଅନ୍ତି ? ଚିତ୍ରଲେଖ ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝାଅ ।
11. ଚିତ୍ରଲେଖ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟି ବୁଝାଅ । ଏ ଭଳି ତରଙ୍ଗକୁ ଅଗ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ କାହିଁକି କୁହାଯାଏ ? ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ ।
12. ଅଗ୍ରଗାମୀ ଓ ପ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ତିନୋଟି ପାର୍ଥକ୍ୟ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
13. ଏକ ଅଗ୍ରଗାମୀ ତରଙ୍ଗରେ ସମୀକରଣ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର ଏବଂ ଦର୍ଶାଅ ଯେ ବିସ୍ଥାପନ ନିସ୍ପନ୍ଦମାନ ଚାପ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦମାନ ଚାପ ନିସ୍ପନ୍ଦ ।
14. ସ୍ୱସ୍ୱର ଧ୍ୱନିମାନଙ୍କର ଧର୍ମମାନ କ'ଣ ? ବୁଝାଅ ।
15. ଡେସିବେଲ କ'ଣ (ପ୍ରତୀକ db) ? 'ଶ୍ରବଣର ପ୍ରଭାବ ସୀମା ଏବଂ 'ଅନୁଭୂତି ସୀମା' କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝାଏ ?
16. ଧ୍ୱନିର ଗୁଣ କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝାଏ ? ଉଦାହରଣ ସହ ବୁଝାଅ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

17. ଅର୍ଗାନ୍‌ପାଇପ୍‌ର ସଂନାଦୀମାନ ଆଲୋଚନା କର । ଦର୍ଶାଅ, ଏକ ଖୋଲା ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରେ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ସଂନାଦୀ ଥାଏ ।
18. ଦର୍ଶାଅ (i) ସମାନ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍ ତୁଳନାରେ ଏକ ଖୋଲା ପାଇପ୍‌ର ଆବୃତ୍ତି ଦୁଇଗୁଣ, (ii) ସମାନ ଆବୃତ୍ତିର ଏକ ମୌଳିକ ସ୍ୱରକ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବାକୁ, ଖୋଲା ପାଇପ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଗୁଣ ହୁଏ ।
19. ଏକ ଅର୍ଗାନ୍ ପାଇପ୍‌ରେ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦମାନଙ୍କର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ଦର୍ଶାଇବାକୁ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।
20. ରବ ପ୍ରଦୂଷଣର କାରଣମାନ, ଏହାର ହାନିକାରକ ପ୍ରଭାବ ଏବଂ ଏହାକୁ ହ୍ରାସ କରିବାର ଉପାୟମାନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।
21. ଡପଲର୍ ପ୍ରଭାବ ବୁଝାଅ ଏବଂ ପ୍ରତୀତ ଆବୃତ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର । ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ୱନି ଗତି କରୁଛି, ତାହା ମଧ୍ୟ ଯଦି ଗତିଶୀଳ ହୁଏ, ଏହି ବ୍ୟଞ୍ଜକ କି ଭଳି ବଦଳିବ ?
22. (i) ତାରକାର ଅପସାରଣ ପରିବେଗ (ii) ରେଡ଼ାର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଶତ୍ରୁ ପକ୍ଷର ଜାହାଜର ପରିବେଗ (iii) ସୋନାର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷର ନୌକାଭେଳାର ପରିବେଗ ଜାଣିବାକୁ ଡପଲ୍‌ର ପ୍ରଭବର ପ୍ରୟୋଗ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।
23. ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ 1.00 ମି ଏବଂ 1.01 ମି. ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ 3 ସେକେଣ୍ଡରେ 10 ଟି ବିସ୍ପନ୍ଦକ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିଲେ, ସେହି ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ ହିସାବ କର ।
24. 20^0 ରେ ସର୍ବନିମ୍ନ ସ୍ୱରକର ଆବୃତ୍ତି 256 ହର୍ତ୍ସ ହେଲେ । ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କେତେ ହେବ ? 0^0C ରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ = 332 ms^{-1}
25. ଏକ ଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି 1 କିଲୋ ହର୍ତ୍ସ ।
    (a) ଉତ୍ସ ଏବଂ ଦର୍ଶକ ସ୍ଥିର (b) ଉତ୍ସ ଦର୍ଶକ ଦିଗରେ 50 ମିସେ$^{-1}$ ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ବେଳେ (c) ଉତ୍ସ ଦର୍ଶକଠାରୁ 50 ms^{-1} ବେଗରେ ଦୂରକୁ ଯାଉଥିବା ବେଳେ, ଦର୍ଶକ ଶୁଣୁଥିବା ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ହିସାବ କର । ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନିର ପରିବେଗ 350 ମିସେ$^{-1}$ ଅଟେ ।
26. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଯେଉଁ ଲାକ୍ଷଣିକ ଧର୍ମମାନଙ୍କ ଯୋଗୁଁ ଏହା ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଠାରୁ ଭିନ୍ନ, ତାହା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
27. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପରିବେଗ ଏହା ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମ ଦେଇ ଗତିକରେ, ତାହାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକତ୍ୱ E ଉପରେ କିପରି ନିର୍ଭର କରେ ?
28. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗମାନଙ୍କର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରାସ ଦିଅ । (i) ବେତାର ତରଙ୍ଗ (ii) ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍ (iii) ଅତି ବାଇଗଣି ରଶ୍ମି (iv) ରଂଜନ ରଶ୍ମି
29. ରଂଜନ ରଶ୍ମି କିଭଳି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ?
30. ସବୁ ଆବୃତ୍ତିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ନିର୍ବାତରେ ଗତି କରିପାରିବ କି ?
31. ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପୂରଣ କର ।

(i) ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରେ -------- ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

(ii) -------- ଆମର ଚକ୍ଷୁ ପ୍ରତି ରଂଜନ ରଶ୍ମି ତୁଳନାରେ ହାନିକାରକ ।

(iii) କୋବାଲଟ୍‌ର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରୁ --------- ନିର୍ଗତ ହୁଏ ।

(iv) ଅବଲୋହିତ ରଶ୍ମି ------ ଠାରୁ କମ୍ ଶକ୍ତିଶାଳୀ

(v) Z ଦିଗରେ ପ୍ରସାରିତ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର, E କ୍ଷେତ୍ର ଯଦି x - z ସମତଳରେ ଦୋଳିତ ହୁଏ ତେବେ B କ୍ଷେତ୍ର ------ ସମତଳରେ ଦୋଳନ କରିବ ।

(vi) ମୁକ୍ତ ପରିସରରେ E / H ଅନୁପାତକୁ ------- କୁହାଯାଏ ।

(vii) FM ବ୍ୟାଣ୍ଡର ଆବୃତ୍ତି ପରାସର ହେଉଛି --------- ।

(viii) TV ପ୍ରସାରଣରେ ------ ସଙ୍କେତ ଆବୃତ୍ତି ମଡ୍ୟୁଲିତ ହୁଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

14.1

1. 14.1.4 ଉପାଂଶ ଦେଖ ।

2. ଯଦି ପଥପାର୍ଥକ୍ୟ p ହୁଏ, ତେବେ କଳାନ୍ତର $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} p$

3. f

14.2

1. ନିଉଟନ୍ ଧରିନେଲେ ଯେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ସଂପୀଡ଼ନ ଓ ବିରଳନ ସମୋଷ୍ମ ଅବସ୍ଥାରେ ହୁଏ ।

3. ଧ୍ୱନି ପ୍ରସାରଣ ନିମିତ୍ତ ରୁଦ୍ଧତାପୀ ଅବସ୍ଥା ପରିବର୍ତ୍ତେ ସମୋଷ୍ମ ଅବସ୍ଥା ରହେ ବୋଲି ନିଉଟନ୍ ଧରିନେଲେ ।

4. 357^0C

5. $v = \sqrt{T/m}$

5. ତେଣୁ, $n = \frac{1}{\lambda}\sqrt{T/m}$

ପୁନଶ୍ଚ, କଂପନ୍ନର ସରଳତମ ବିଧିରେ ତନ୍ତୁର ଉଭୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ନିସ୍ପନ୍ଦମାନ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଝିରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ଅଛି । ତେଣୁ $l = 1/2$ ବା $1 = 2l$, ତେଣୁ $n = 1/2l \sqrt{T/m}$ । ତନ୍ତୁଟି p ଭାଗରେ କଂପନ୍ନ କରେ, ତେଣୁ $1 = p\, l/2$ ବା $1 = 2l/p$

ତେଣୁ $n = (p/2l)\sqrt{T/m}$.

14.3 ସମସ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ନିମିତ୍ତ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଦେଖ ।

14.4

1. 25 / 9

2. 4 ହର୍ଜ ଆବୃତ୍ତିର ବିସ୍ପନ୍ଦନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

3. ବିସ୍ପନ୍ଦନ ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି Dv

4. 517 । ଭାର ବୃଦ୍ଧି କଲେ A ର ଆବୃତ୍ତି 517 ରୁ 507 କୁ କମେ ।

14.5.

1. ଏକ ଉପାଂଶରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

2. ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ ନିସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 1 / 2 ଏବଂ ନିସ୍ପନ୍ଦ ଓ ପ୍ରସ୍ପନ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 1 / 4

4. (i) 1 ମି. (ii) 1 ମି. (iii) 1/4 ମି.

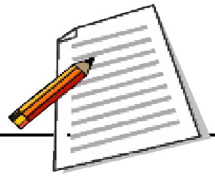
14.6.

1. ଆବୃତ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ତାରତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ।

2. ଗୁଣ

3. ଗୁଣ

4. ଖୋଲା ପାଇପ୍



ଟିପ୍ପଣୀ

5. ଏକ ବନ୍ଦ ପାଇପ୍‌ରେ, ପ୍ରାଥମିକ ସ୍ୱରକ ପାଇଁ $L = l/4$

   ବା $l = 4l$, ତେଣୁ $n = J/l = J/4l$

   ଖୋଲା ପାଇପ୍ ପାଇଁ $l = l/2$, ପାଇଁ $n^1 = J/2l$, ତେଣୁ .

   (i) ଓ (ii) ତୁଳନା କଲେ, ଆମେ ଦେଖୁ $n^1 = 2n$

6. $n = J/2l$ ଯେହେତୁ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସହିତ J ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ତେଣୁ n ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ।

14.7

1. (i) ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍

   (ii) ପୀତ-ସବୁଜ ($l = 5 \times 10^{-7}$ ମି.)

   (iii) ସୂର୍ଯ୍ୟ

   (iv) ରଂଜନ ରଶ୍ମି

   (v) ଥର୍ମୋପାଇଲ୍

2. (i) ଅତିବାଇଗିଣୀ

   (ii) ଗାମା ରଶ୍ମି

3. ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍

4. ଓଜୋନ୍

5. ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ

4.8

1. $$n' = n\,\frac{c - \upsilon_o}{c}$$

$$= 40 \times 10^3 \times \frac{1450 - 100}{1450}$$

$$= 40 \times \frac{135}{145} \times 10 = 37.2 \text{ kHz}$$

2. $$n^1 = 200 \times \frac{340 + 16}{340 - 16}$$

$$= 200 \times \frac{356}{224} = 220 \text{ Hz}$$

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

23. 3 37 ms^{-1}

24. ~ 30 cm

25. (a) 1 kHz

(b) 857 Hz

(c) 1143 Hz