22

ତରଙ୍ଗ ପରିଘଟଣା ଓ ଆଲୋକ
(WAVE PHENOMENA AND LIGHT)

ଟିପ୍ପଣୀ

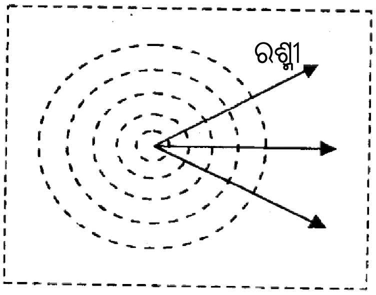
ଏହି ମଡ୍ୟୁଲର ପୂର୍ବ ଦୁଇ ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ଆଲୋକର ପ୍ରତିଫଳନ, ପ୍ରତିସରଣ, ବିକ୍ଷେପଣ ଓ ବିଚ୍ଛୁରଣ ବିଷୟରେ ପଢ଼ିଅଛ । ଏହି ସବୁକୁ ବୁଝିବା ପାଇଁ ଆମେ ଆଲୋକର ସରଳରୈଖିକ ଗତିର ଉପଯୋଗ କରିଛୁ । ଦୁଇଟି ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗର ଅଧିରୋପଣ ହେଲେ କିମ୍ବା ସେମାନେ କଣରେ ବାଙ୍କିଲା ବେଳେ ଶକ୍ତି ପୁର୍ନବଣ୍ଟନ ବୁଝିବାରେ ଏହି ଧାରଣା ଅସଫଳ ହେଲା । ଦେଖିବାକୁ ମିଳୁଥିବା ଏହି ପରିଘଟଣାଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ପ୍ରକୃତି ଭିତ୍ତିରେ ବୁଝାଯାଇପାରିବ । ନିଉଟନଙ୍କ ସମସାମୟିକ କ୍ରିଶ୍ଚିୟାନ ହାଇଜେନସ ମତ ଦେଲେ ଯେ ଆଲୋକ ଏକ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ବ୍ୟତିକରଣ ଓ ବିବର୍ତ୍ତନର ପରୀକ୍ଷଣ ଲବ୍ଧ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ତତ୍ତ୍ୱ ନିଃସନ୍ଦେହରେ ଗୃହୀତ ହେଲା । ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ପୋଲାରାଇଜେନସନ ସଂପର୍କରେ ମଧ୍ୟ ପଢ଼ିବ । ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ରୂପ ଏବଂ ଏହି ତରଙ୍ଗ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ବୋଲି ଏହା ନିଶ୍ଚିତ ଭାବେ ପ୍ରମାଣ କରେ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟକୁ ପଢ଼ି ସାରିବା ପରେ ତୁମେ:

- *ହାଇଜେନ୍ସଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ବ୍ୟକ୍ତ କରିପାରିବ ଏବଂ ଏହାକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ତରଙ୍ଗ ସଞ୍ଚାରଣ ବୁଝାଇପାରିବ;*
- *ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ ଏବଂ ବିବର୍ତ୍ତନ ପରିଘଟଣାଗୁଡ଼ିକୁ ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ଗୋଟିକିଆ ସ୍ଲିଟ୍‌ରେ ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନକୁ ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ଦର୍ଶାଇ ପାରିବ ଯେ ଆଲୋକର ପୋଲାରାଇଜେସନ ତାହାର ତରଙ୍ଗ ଧର୍ମକୁ ସାବ୍ୟସ୍ତ କରେ ଏବଂ*
- *ବ୍ରିଉଷ୍ଟର (Brewester) ନିୟମକୁ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରି ପାରିବ ।*

22.1 ହାଇଜେନ୍ସଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ



ଚିତ୍ର 21.1 : ଜଳପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ବୃତ୍ତାକାର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ

ହାଇଜେନ୍ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କଲେ ଯେ, ଆଲୋକ ଏକ ତରଙ୍ଗ ଅଟେ ଏହା ଏକ କାଳ୍ପନିକ ମାଧ୍ୟମ ଇଥରରେ ଗତିକରେ । ଏହି କାଳ୍ପନିକ ମାଧ୍ୟମର ବିଚିତ୍ର ଗୁଣ ହେଉଛି, ଏହା ସର୍ବବ୍ୟାପୀ ଓ ଶୂନ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ଥାଏ ! ଆଲୋକ ଉତ୍ସରୁ କଂପନ ତରଙ୍ଗ ରୂପରେ ସଂଚରିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ବହନ କରୁଥିବା ଶକ୍ତି ସବୁ ଦିଗରେ ସମାନ ଭାବରେ ବଣ୍ଟନ ହୋଇଥାଏ । ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଧାରଣା **ହାଇଜେନ୍ସଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର କେନ୍ଦ୍ର** ଅଟେ । ଆସ ଏକ ସରଳ କାର୍ଯ୍ୟ ଦ୍ୱାରା ଏହି ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ କ'ଣ, ବୁଝିବା ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 22.1

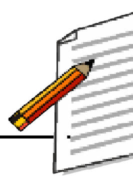
ଗୋଟିଏ ଚଉଡ଼ା ଭୂମିବାଲା ଜଳ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଟ୍ରଫ୍ ନିଅ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟକୁ ଏକ ଛୋଟ ପଥରଖଣ୍ଡ ପକାଅ । କ'ଣ ଦେଖୁଛ ? ତୁମେ ଦେଖିବ, ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ଯେଉଁ ପଥର ପଡ଼ିଥିଲଶ, ସେଠାରେ ଜଳ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ଉପର-ତଳ ଗତି ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ବୃତ୍ତାକାର ଉର୍ମି ଚାରିଆଡ଼କୁ ବ୍ୟାପିଯିବ । ଯଦି ଏହି ଉର୍ମିଗୁଡ଼ିକୁ ଧ୍ୟାନର ସହ ଦେଖିବ, ଯେକୌଣସି ଉର୍ମିର ପରିଧି ଉପରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଗତିର ସମାନ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଛନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ ଉର୍ମିର ଉର୍ମିର ପରିଧିରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ସମାନ ଆୟାମ ଓ କଳାରେ ଦୋଳନ କରିଥାଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରେ କହିଲେ ଆମେ କହିପାରିବା ଯେ କୌଣସି ଏକ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ସମକଳାରେ କଂପନ୍ନ କରୁଥିବା ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କର ଗତିପଥକୁ ଉର୍ମିର ପରିଧି କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ **ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ** (wave front) କୁହାଯାଏ । ଆଲୋଡ଼ନ ବିନ୍ଦୁରୁ ଚାରିଆଡ଼କୁ ବ୍ୟାପିଥିବା ବୃତ୍ତାକାର ଉର୍ମି ସମୂହ ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ଏକ **ବୃତ୍ତାକାର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ** ଅଟେ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ, ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଉପରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଆଲୋଡ଼ନ ବିନ୍ଦୁ ଅର୍ଥାତ୍ ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ସ ଠାରୁ ସମାନ ଦୂରତାରେ ଥାଆନ୍ତି ।

ଗୋଟିଏ ସମଦିଶିୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସରୁ ଆଲୋକର ଉତ୍ସର୍ଜନ ହେଲେ ସମସତ ତରଙ୍ଗ ସମକଳାରେ ରହିଥିବା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକର ବିନ୍ଦୁପଥ ଏକ ଗୋଲକ ହେବ । ତେଣୁ, ଆଲୋକର ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସ **ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ** ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରେ । ସେହିଭଳି ଏକ ସରଳ ରେଖୀୟ ଉତ୍ସ **ସ୍ତମ୍ଭାକାରକୃତିର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ** ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରେ । ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ପ୍ରତି ଅଙ୍କିତ ଅଭିଲମ୍ବ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଗତିର ଦିଗ ସୂଚାଏ । ଏହି ରେଖାକୁ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏଭଳି ରଶ୍ମି ସମୂହକୁ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ କୁହାଯାଏ । ଆଲୋକ ଉତ୍ସ ବହୁ ଦୂରରେ ଥିଲେ, ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶକୁ **ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ** କୁହାଯାଏ ।

ହାଇଜେନ୍ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁସାରେ,

- ଏକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଏକ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଆଲୋଡ଼ନର ଉତ୍ସ ହୁଏ, ଯାହାକି ମାଧ୍ୟମରେ ସବୁଦିଗରେ ପ୍ରସାରିତ ହୋଇଥାଏ ।
- ଯେ କୌଣସି ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ସ୍ଥିତି ଏହାର ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ (wave-let) ଏକ ସାଧାରଣ ଆବରଣ ଅଙ୍କନ କରି ମିଳିଥାଏ ।
- ଏକ ସମଦିଶିକ ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ବହନ କରୁଥିବା ଶକ୍ତି ସବୁ ଦିଗରେ ସମାନ ପରିମାଣରେ ସଂଚରିତ ହୁଏ ।
- ଯଦି ଏକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସ୍ଥିତି, ଆକାର, ଗତିର ଦିଗ ଏବଂ ବେଗ ଜଣାଥାଏ, ତେବେ ଏକ ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଏହାର ସ୍ଥିତି ଜ୍ୟାମିତିକ ଅଙ୍କନ ଦ୍ୱାରା ମିଳିଯାଇ ପାରିବ । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ କେବେହେଲେ ପଛକୁ ଗତି କରି ନଥାଏ ।

ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ଗଠନକୁ ବୁଝିବା ପାଇଁ ତୁମେ ଏକ ଫମ୍ପା ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ର ଉପରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସର କଳ୍ପନା କରି ପାର । ଏହି ଗୋଲକର ବର୍ହିପୃଷ୍ଠ ପ୍ରାଥମିକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଭାବେ କାମ କରେ । ଯଦି ଏହି ଫମ୍ପା ଗୋଲକକୁ ଏକ ଅଧିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଫମ୍ପା ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଆବୃତ୍ତ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହି ବାହ୍ୟ ଗୋଲକର ବର୍ହିପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଭାବେ କାମ କରିବ । (ଏହି ପ୍ରକାର ବ୍ୟବସ୍ଥାର ନିକଟତମ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତୁଲ୍ୟରୂପ ଏକ ଫୁଟ୍‌ବଲ ଅଟେ ।) ଯଦି, ଏହି ଦ୍ୱିତୀୟ ଗୋଲକକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅଧିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକ ଦ୍ୱାରା ଆବୃତ୍ତ କରିଦିଆଯାଏ, ତେବେ ସବୁଠୁ ବାହାରେ ଥିବା (ତୃତୀୟ) ଗୋଲକର

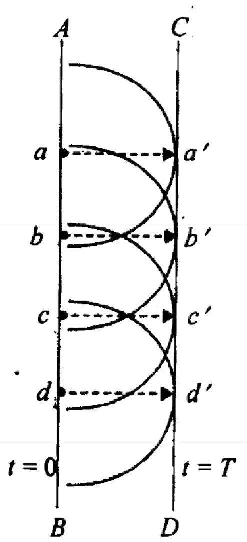


ଟିପ୍ପଣୀ

ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଏବଂ ମଝି (ଦ୍ୱିତୀୟ) ଗୋଲକ ପ୍ରାଥମିକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ହୋଇଯାଏ । ଦ୍ୱିବିମିତୀରେ ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ସମକେନ୍ଦ୍ରିକ ବୃତ୍ତଗୁଡ଼ିକ ପରି ଦେଖାଯାଏ ।

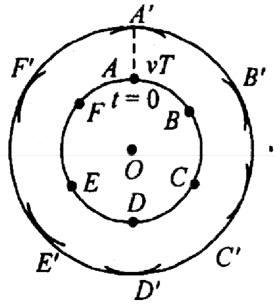
22.1.1 ତରଙ୍ଗର ସଂଚରଣ

ବର୍ତ୍ତମାନ ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ଉପଯୋଗ କରି ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ରୂପରେ ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗର ସଂଚରଣର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା । ସମୟ $t = 0$ (ଶୂନ) ଏକ ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଅବସ୍ଥିତି ଓ ଆକାର ଚିତ୍ର 22.2 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ସରଳରେଖା *AB* ପୁସ୍ତକର ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ଥିବା ଏକ ସମତଳରେ ରହିଛି । ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ AB ଉପରେ *a, b, c* ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ସ ଅଟେ । ଏହି ସମସ୍ତ ଉତ୍ସ ଏକ ସମୟରେ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ, ଏବଂ ଏ ସମସ୍ତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ସମ ବେଗରେ ତରଙ୍ଗସମ୍ମୁଖ *AB* ର ଗତିର ଦିଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଚିତ୍ର 22.2 ରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ରଭାବେ ନେଇ ବୃତ୍ତାକାର ଚାପଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି *a, b, c,....* ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ *ଆମେ ଚାହୁଁଥିବା ସମୟ t ରେ n ପରିବେଗରେ ସଞ୍ଚାରିତ ତରଙ୍ଗିକା ଗୁଡ଼ିକ ପାଇବାକୁ $r = nt$ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଙ୍କିତ ଚାପ ଟଣାଯାଇଛି* / $t = T$ ସମୟରେ ଏହି ସମସ୍ତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ସ୍ପର୍ଶକ CD, ନୂଆ ତରଙ୍ଗସମ୍ମୁଖକୁ ନିରୂପିତ କରିଥାଏ ।



ଚିତ୍ର 22.2 : ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଅଙ୍କନ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରସାରଣଶୀଳ ବୃତ୍ତାକାର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ପାଇଁ ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ସଂରଚନାର ଅନ୍ୟ ଏକ ଉଦାହରଣ ନେବା । ଚିତ୍ର 22.3 କୁ ଦେଖ । ଏଥିରେ $t = 0$ ସମୟରେ O ରେ କେନ୍ଦ୍ରଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ତରଙ୍ଗସମ୍ମୁଖ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । *A, B, C, ...* ଅବସ୍ଥିତି ଏହି ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖରେ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସମାନ ସୂଚାଉଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ କିଛି ସମୟ ପରେ, $t = T$ରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ପାଇବାକୁ ତୁମେ କ'ଣ କରିବ ? ତୁମେ *A, B, C, ...* ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରୁ ଚାପ ଟାଣିବ ଯାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହେବ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖରେ ବେଗ n ଏବଂ ସମୟ T ର ଗୁଣଫଳ । ଏହି ଚାପ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକୁ ସୂଚାଇବ । ଏହି ଚାପଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ ସମୟ T ରେ ପ୍ରସାରଣଶୀଳ ବୃତ୍ତାକାର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ସ୍ଥିତି ଓ ଆକାର ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିଥାଏ । ଆମେ ଆଶା କରିବା, ବର୍ତ୍ତମାନ ତୁମେ ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ସଂରଚନାର କାଇଦାକୁ ବୁଝି ପାରିଛ । ତୁମେ ବର୍ତ୍ତମାନ **ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ସଂରଚନା**ର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ ଜାଣିବାକୁ ଚାହିଁପାର । ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ଏକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଆକାର ଓ ଅବସ୍ଥିତିକୁ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁତଃ ଆମେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ସଂଚରଣ ହିଁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରୁଛେ । ତେଣୁ ହାଇଜେନ୍ ସଂରଚନା - ଆମକୁ ତରଙ୍ଗ ଗତିର ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବାକୁ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଦେଇଛି ।



ଚିତ୍ର 22.3 : ହାଇଜେନ୍‌ସଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବୃତ୍ତାକାର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଅଙ୍କନ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 22.1

1. ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ଦିଗ ଏବଂ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଅଭିବିନ୍ୟାସ କ'ଣ ?

....

2. ଏକ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଆଲୋଡ଼ନ ଉତ୍ସ $t = 0$ ସମୟରେ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଛି । $t = 3s$ ଏବଂ $t = 6s$ ରେ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧଗୁଡ଼ିକର ଅନୁପାତ ହିସାବ କର ।

....

22.2 ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ (Interference of Light)

ଟିପ୍ପଣୀ

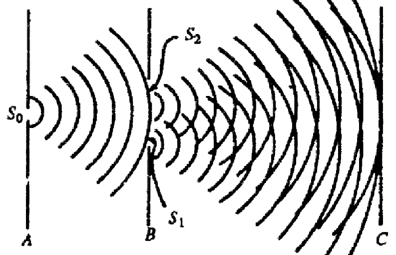
ଆସ ଏକ ସରଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 22.2

ପାଣିରେ କିଛି ଡିଟରଜେଣ୍ଟ ପାଉଡ଼ର ମିଶାଇ ଏକ ସାବୁନର ଦ୍ରବଣ ପ୍ରସ୍ତୁତ କର । ଗୋଟିଏ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ସାବୁନଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ାଅ ଏବଂ ଏହାକୁ ହଲାଅ । ତାରକୁଣ୍ଡଳୀକୁ ବାହାରକୁ କାଢ଼ିଲେ, ତୁମେ ଏହା ଉପରେ ପତଳା ଫିଲ୍ମଟି ଦେଖିବ । ଏହି ସାବୁନ୍ ଫିଲ୍ମକୁ ଗୋଟିଏ ଆଲୋକ ବଲବ ନିକଟକୁ ଆଣ ଏବଂ ଫିଲମରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଆସୁଥିବା ଆଲୋକର ଦିଗରେ ନିଜେ ଠିଆ ହୁଅ । ତୁମେ ସୁନ୍ଦର ବର୍ଣ୍ଣରାଜି ଦେଖିବାକୁ ପାଇବ । ଏହାର କାରଣ ଜାଣିଛ କି ? ଏହି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ପାଇଁ, ଆମେ ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ ପରିଘଟଣା ବୁଝିବାକୁ ହେବ । ସରଳ ଭାଷାରେ କହିଲେ **ଦୁଇଟି ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ଶକ୍ତିର ପୁର୍ନବଣ୍ଟନକୁ ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ ।** ସର୍ବପ୍ରଥମେ ଥୋମାସ୍ ୟଙ୍ଗ୍ 1802 ମସିହାରେ ନିଜର ପ୍ରସିଦ୍ଧ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଆଲୋକର ବ୍ୟତୀକରଣ ପରିଘଟଣାର ଅବଲୋକନ କରିଥିଲେ । ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ତତ୍ତ୍ୱକୁ ଗ୍ରହୀତ କରିବାରେ ଏହି ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣର ବଡ଼ ଭୂମିକା ଥିଲା । ଆଲୋକର ବ୍ୟତୀକରଣ ଓ ବିବର୍ତ୍ତନ ପରିଘଟଣାର ମୌଳିକ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଭିତ୍ତି ରହିଛି ଅଧିରୋପଣ ତତ୍ତ୍ୱରେ ।

22.2.1 ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ ପରୀକ୍ଷା (Young's Double Slit Experiment)

ୟଙ୍ଗଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଚିତ୍ର 22.4 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ସୂର୍ଯ୍ୟାଲୋକକୁ ଏକ ଛୋଟ ରନ୍ଧ୍ର S ଦେଇ ପ୍ରବେଶ କରିବାକୁ ଦିଆଗଲା ଏବଂ ତା'ପରେ ପୁଣି S ଠାରୁ ସମଦୂରରେ କିନ୍ତୁ ପାଖାପାଖି ଦୁଇଟି ଛୋଟ ରନ୍ଧ୍ର S_1 ଓ S_2 ଦେଇ ଯିବାକୁ ଦିଆଗଲା । ହାଇଜେନଙ୍କର ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁସାରେ



ଚିତ୍ର 22.4 : ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ୍ ପରୀକ୍ଷାର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଚିତ୍ର

ଛୋଟ ରନ୍ଧ୍ର S ରୁ ବିସ୍ତାରିତ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଛୋଟ ରନ୍ଧ୍ର S_1 ଓ S_2 ରୁ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖରେ ବିଭାଜିତ ହୋଇଯିବ ।

ଯଦି ସୋଡ଼ିୟମ ଲ୍ୟାମ୍ପ S ଏକବର୍ଣ୍ଣୀଆଲୋକ ଉତ୍ସ ଦ୍ୱାରା ଆଲୋକିତ ହୁଏ ତେବେ ଏମାନେ ଦୁଇଟି ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବେ ଏବଂ ଏହି ଉତ୍ସରୁ ସମକଳାରେ ସମ ଆୟାମ ବିଶିଷ୍ଟ ତରଙ୍ଗ S_1 ଓ S_2 ଉପରେ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ କରିବେ । ଏହି ଅଧିରୋପଣ ଯୋଗୁଁ (S_1 ଓ S_2 ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ଏକ ସମତୁଲ୍ୟ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର) ଶକ୍ତିର ପୁର୍ନବଣ୍ଟନ ହୁଏ ଏବଂ ଆଗକୁ C ଠାରେ ରଖାଯାଇଥିବା ପରଦା ଉପରେ ଏକାନ୍ତର ଭାବରେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଓ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଜ୍ ପାଟର୍ଣ୍ଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ୟଙ୍ଗଙ୍କ ବ୍ୟତିକରଣ ପରୀକ୍ଷାର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ମିଳୁଥିବା ଫ୍ରିନ୍ଜ ପାଟର୍ଣ୍ଣ କିଭଳି ହେଉଛି ବୁଝିବା ।

ଇଉ୍‌ଜେନ୍ ଥୋମାସ୍ ୟଙ୍ଗ

(1773 - 1829)

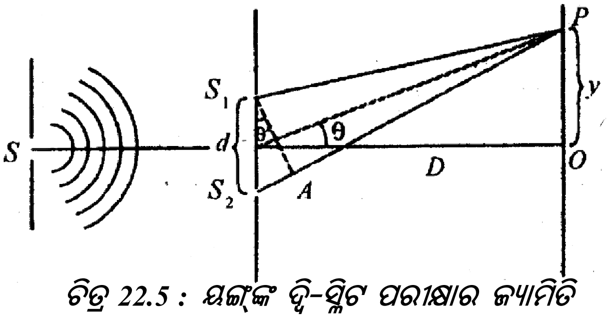
16 ଜୁନ୍, 1773 ମସିହାରେ ଜନ୍ମିତ ଥୋମାସ୍ ୟଙ୍ଗଙ୍କୁ ମାନବ କର୍ଣ୍ଣ, ମାନବ-ଚକ୍ଷୁ, ଆମର ଚକ୍ଷୁ କିପରି ଫୋକସ୍ କରୁଛି ଏବଂ ଅବିନ୍ଦୁକତା ଇତ୍ୟାଦି ଅଧ୍ୟୟନ ନିମିତ୍ତ ସ୍ମରଣୀୟ ରହିବେ । ବର୍ଣ୍ଣାନ୍ଧତା ଉପରେ ତାଙ୍କର ଗବେଷଣାରୁ ବର୍ଣ୍ଣ ଦର୍ଶନର ତିନି ଉପାଂଶ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଜନ୍ମ ନେଲା । ମାନବ - କର୍ଣ୍ଣ ଓ ନେତ୍ର ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ସେ ଧ୍ୱନି ଓ ଆଲୋକର ବେଗ ଅଧ୍ୟୟନ ପାଇଁ ବହୁତ ସମୟ ଦେଇଥିଲେ । ସେ ଜାଣିଥିଲେ ଯେ, ସମାନ ତୀବ୍ରତାର ଦୁଇଟି ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ 180^0 କଳାନ୍ତରରେ କାନରେ ପଡ଼ିଲେ ଗୋଟିଏ ଅନ୍ୟଟିର ପ୍ରଭାବକୁ ନଷ୍ଟ କରିଦିଏ ଓ କୌଣସି ଧ୍ୱନି ଶୁଣାଯାଏ ନାହିଁ । ତାଙ୍କ ମନରେ ଏହି ବିଚାର ଆସିଲା ଯେ, ଯଦି ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ରୂପରେ ଥାଏ, ତେବେ ଏହି ପ୍ରକାରର ବ୍ୟତିକରଣ ପ୍ରଭାବ ଆଲୋକର ଦୁଇ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଦେଖିବାକକୁ ମିଳିବ, ଏହି ବିଚାରରୁ ୟଙ୍ଗ ଏକ ପରୀକ୍ଷା କଲେ । ଯାହାକୁ କି ସାଧାରଣତଃ ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ୍ ପରୀକ୍ଷା କୁହାଯାଉଛି ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ୟଙ୍ଗ୍ ଅଧିକାଂଶ ସମୟ ନୀଳ ନଦୀର ଡେଲଟାରେ 1799 ମସିହାରେ ଆବିଷ୍କାର ହୋଇଥିବା ରୋସେଟ ପ୍ରସ୍ତର ଉପରେ ମିଳିଥିବା ଚିତ୍ରଲିପିର ଅର୍ଥ ବୁଝିବାରେ ଲାଗିଥିଲେ ।

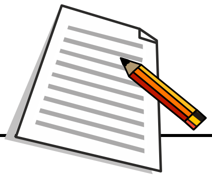
(a) ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତୀକରଣ : ଅଧ୍ୟାରୋପଣର ସିଦ୍ଧାନ୍ତରୁ ତୁମେ ମନେ ପକାଇ ପାରିବ ଯେ ପରଦାରେ C ଭଳି କେତେକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିସ୍ଥାପନ (ବା ଆୟାମ) ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ କାରଣ ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗ ଶ୍ରେଣୀର ଶିଖର ଅନ୍ୟ ଏକ ତରଙ୍ଗ ଶ୍ରେଣୀର ଶିଖର ସହିତ ସଂପାତୀ ହୁଏ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ, ଏହି ବିନ୍ଦୁରେ ତରଙ୍ଗମାନ ସମାନ କଳାରେ ପହଞ୍ଚିଥାଏ । ତେଣୁ ଏହାର ମୋଟ ଆୟାମ ଅଲଗା-ଅଲଗା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଆୟାମଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରେ ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗଶ୍ରେଣୀର ଗହ୍ୱର ଅନ୍ୟଟିର ଗହ୍ୱର ଉପରେ ପଡ଼ିଥାଏ । ସେଠାରେ ମଧ୍ୟ ଏକା ଭଳି ହେବ । ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା ଏହାର ଆୟାମର ବର୍ଗର ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ବିନ୍ଦୁ ଅଧିକ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଦେଖାଯିବ । ଏହି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟାରୋପଣର ପରିଘଟଣାକୁ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ ।

(b) ପ୍ରତିକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ : ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରେ ଏକ ସେଟ୍‌ର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଶିଖର ଅନ୍ୟ ସେଟ ତରଙ୍ଗର ଗହ୍ୱର ଉପରେ ପଡ଼େ ଅନ୍ୟଥା ଏକ ସେଟ୍‌ର ତରଙ୍ଗ-ଗୁଡ଼ିକର ଗହ୍ୱର ଅନ୍ୟ ସେଟ୍‌ର ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଶିଖର ଉପରେ ପଡ଼େ, ସେଠାରେ ମୋଟ ଆୟାମ ଶୂନ୍ ହୋଇଥାଏ, କାରଣ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଏହି ବିନ୍ଦୁରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବିପରୀତ କଳାରେ ପହଞ୍ଚନ୍ତି । ପରଦା ଉପରେ ଏହି ବିନ୍ଦୁ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ବା ଅନ୍ଧକାର ଦେଖା ଯାଇଥାଏ । ଏହା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରେ **ପ୍ରତିକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ** ହେଉଛି ।

(c) ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା : ବ୍ୟତିକରଣର ପାଟର୍ଣ୍ଣକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବାକୁ ଆମେ ଆବର୍ତ୍ତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟତିକରଣ ପ୍ରତିରୂପରେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଓ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ (କଳା) ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା ହିସାବ କରିବା । ଚିତ୍ର 22.5କୁ ଦେଖ ଯାହାକି ୟଙ୍ଗଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାର ବ୍ୟବସ୍ଥାଚିତ୍ର ସମଆବୃତ୍ତି ଏବଂ ସମଆୟାମ କିନ୍ତୁଭିନ୍ନ କଳାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଆବର୍ତ୍ତୀ ତରଙ୍ଗର ଅଧ୍ୟାରୋପଣରୁ ବ୍ୟତିକରଣ



ଚିତ୍ର 22.5 : ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ ପରୀକ୍ଷାର ଜ୍ୟାମିତି



ଟିପ୍ପଣୀ

ପରିଘଟଣା ଉପୃନ୍ନ ହୁଏ । ମନେକର ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର d ଅଟେ । ଆମେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ P ରେ ଏହି ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ଯୋଗୁଁ ବିସ୍ଥାପନ y_1 ଓ y_2 କୁ ନିମ୍ନ ପ୍ରକାରରେ ଲେଖିପାରିବ ।

ଏବଂ $y_1 = a \sin wt$

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

ଏଠାରେ d ହେଉଛି ଦୁଇ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ଆମେ ଅବସ୍ଥିତି ସଂପର୍କରେ କୌଣସି ପଦ ବିଚାର କରୁନାହୁଁ, କାରଣ ଆମେ ଦିକ୍-ସ୍ଥାନରେ ଏକ ସ୍ଥିର ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ହିଁ ବିଚାର କରୁଛେ । ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁସାରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ (y) ହେବ -

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 \\ &= a \sin wt + a \sin (wt + d) \\ &= a [\sin wt + \sin (wt + d)] \\ &= 2a \sin (wt + \frac{\delta}{2}) \cos [-\frac{\delta}{2}] \\ &= A \sin (wt + \frac{\delta}{2}) \end{aligned}$$

ଏଠାରେ ପରିଣାମୀ ତରଙ୍ଗର ଆୟାମ $A = 2a \cos (d/2)$

P ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା $I \propto A^2$

$$\propto 4a^2 \cos^2 (d/2) \qquad (22.1)$$

ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ଉପରେ ତୀବ୍ରତା କିଭଳି ନିର୍ଭର କରେ ଦେଖିବା ପାଇଁ, ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇଟି ପରିସ୍ଥିତି ସଂପର୍କରେ ବିଚାର କରିବା ।

ପରିସ୍ଥିତି I : ଯେତେବେଳେ କଳାନ୍ତର, $d = 0, 2p, 4p, \ ....2np$

$$I = 4a^2 \cos^2 0 \ = 4a^2$$

ପରିସ୍ଥିତି II : ଯେତେବେଳେ କଳାନ୍ତର $d = p, 3p, 5p, ... (2n + 1)p$

$$I = 4a^2 \cos^2 (d/2) = 0$$

ଏହି ପରିଣାମଗୁଡ଼ିକରୁ ଆମେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିବା ଯେ ଦୁଇଟି ଅଧ୍ୟାରୋପିତ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର 2p ର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣାତ୍ମକ ହେଲେ, ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ପରଦା ଉପରେ ସମକଳାରେ ପହଞ୍ଚିବେ ଏବଂ ଏହି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରେ ତୀବ୍ରତା ଅଲଗା - ଅଲଗା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତାଠାରୁ ଅଧିକ ହେବ ଯାହାକି $4a^2$ ସହିତ ସମାନ । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର p ର ଅଯୁଗ୍ମ ଗୁଣାତ୍ମକ ହେଲେ, ଅଧିରୋପିତ ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ପରଦା ଉପରେ ବିପରୀତ କଳାରେ ପହଞ୍ଚନ୍ତି । ଏହି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ପରଦା ଉପରେ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ବା କଳା ଦେଖାଯାଏ ।

(d) କଳାନ୍ତର ଏବଂ ପଥାନ୍ତର

ଉପର ଆଲୋଚନାରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ, ପରଦା ଉପରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ କିମ୍ବା ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ହେବ ଜାଣିବା ପାଇଁ, ଆମକୁ ଏହି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ପହଞ୍ଚୁଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ଜାଣିବାକୁ ହେବ ।

ଉତ୍ସମାନଙ୍କରୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ପରଦାରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାତ୍ରା ଯୋଗୁଁ ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତରର ରୂପରେ ମଧ୍ୟ କଳାନ୍ତରକୁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇ ପାରିବ । ତୁମେ ମନେ କରାଇପାର ଯେ, S_1 ଏବଂ S_2 ରୁ ସମାନ କଳାରେ ଅଛନ୍ତି । ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତରଙ୍ଗଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କଳାନ୍ତର S_1 ଓ S_2 ବିନ୍ଦୁରୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାତ୍ରା ପଥାନ୍ତର ଯୋଗୁଁ ହୋଇଥାଏ । ଚିତ୍ର 22.5 ରୁ ଆମେ ପଥାନ୍ତରକୁ ଲେଖି ପାରିବା,

$$D = S_2P - S_1P$$

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ଏକ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପଥାନ୍ତର 2p ର କଳାନ୍ତର ସହ ସମତୁଲ୍ୟ ଅଟେ । ତେଣୁ କଳାନ୍ତର d ଏବଂ ପଥାନ୍ତର D ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂବନ୍ଧ ହେଉଛି -

$$D = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right) d \qquad (22.2)$$

ସମୀକରଣ (22.1) ରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ, ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ 2*n*p କଳାନ୍ତର ହେଲେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତୀକରଣ ସଂପୃକ୍ତ ଦେଖାଯାଏ । ଏହାକୁ ସମୀକରଣ (22.2) ରେ ଉପଯୋଗ କଲେ, ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ଦେଖିବାକୁ ପଥାନ୍ତର ହେଉଛି -

$$D_{(\text{ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ})} = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right) 2np = n1;\ n = 0, 1, 2, \qquad (22.3)$$

ଏହି ଭଳି ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପାଇଁ -

$$D_{(\text{ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ})} = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)(2n + 1)\, p$$

$$= (2n + 1)\frac{\pi}{2};\ n = 0, 1, 2, \qquad (22.4)$$

ବ୍ୟବହୃତ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ପଥାନ୍ତର ସଂଜ୍ଞାରେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଓ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ, ନିର୍ଗମନ କରିବା ପରେ, ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଚିତ୍ରର ଜ୍ୟାମିତି ସହିତ ପଥାନ୍ତରକ ସଂପର୍କ ଦେଖିବା ଅର୍ଥାତ୍ D କୁ ଉତ୍ସ ଓ ପରଦା ମଧ୍ୟର ଦୂରତା D, ଏବଂ ପିନ୍ କଣା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା (a) ଏବଂ ପରଦା ଉପର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ P ର ଅବସ୍ଥିତିର ସଂପର୍କ ଦେଖିବା । ଚିତ୍ର 22.5 ରେ ଆମେ ଦେଖୁଛେ ଯେ,

$$D = S_2P - S_1P = S_2A = d \sin q$$

କୋଣ, q ର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ହେଲେ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$\sin q \gg \tan q = q$$

ଏବଂ $$\sin q = x / D$$

ତେଣୁ ପଥାନ୍ତର ସପର୍କିତ ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ ପୁନର୍ବାର ଲେଖିପାରିବା,

$$D = d \sin q = x\,\frac{d}{D} \qquad (22.5)$$

ସମୀକରଣ (22.5) କୁ ସମୀକରଣ (22.2) ଏବଂ (22.3) ରେ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{d}{D}\,(x_n) = n1$$

କିମ୍ବା $(x_n)_{\text{ଦୀପ୍ତ}} = \frac{n\lambda D}{d}$; n = 0, 1, 2, ... (22.6)

ଏବଂ $\frac{d}{D}_{\text{ଅଦୀପ୍ତ}}\,(x_n) = (n + \frac{1}{2})\,1$

କିମ୍ବା $(x_x)_{\text{ଅଦୀପ୍ତ}} = (n + \frac{1}{2})\,\frac{\lambda D}{d}$, n = 0, 1, 2, ... (22.7) .

ସମୀକରଣ (22.6) ଏବଂ (22.7) ପରଦା ଉପରେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଏବଂ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସ୍ଥିତିଗୁଡ଼ିକୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କର ।

(e) ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ର ପ୍ରସ୍ଥ

ବର୍ତ୍ତମାନ ତୁମେ ପଚାରି ପାର, ଏକ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ କିମ୍ବା ଏକ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ର ପ୍ରସ୍ଥ କେତେ ? ଏହି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଜାଣିବା ପାଇଁ ଆମେ ପ୍ରଥମେ ଦୁଇ ନିକଟତମ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ (କିମ୍ବା ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ) ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସ୍ଥିତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା । ଆସ ପ୍ରଥମେ ଆମେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପାଇଁ ଏହା କରିବା । ସମୀକରଣ (22.6) ରୁ ତୃତୀୟ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପାଇଁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା –

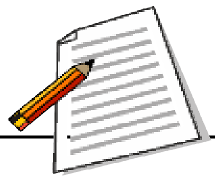
$$(x_3)_{\text{ଦୀପ୍ତ}} = 3\frac{\lambda D}{d}$$

ଏବଂ $$(x_2)_{\text{ଦୀପ୍ତ}} = 2\frac{\lambda D}{d}$$

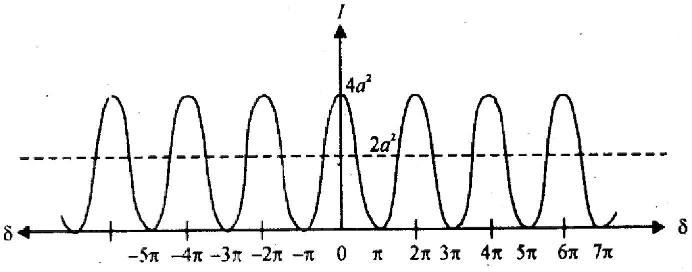
ତେଣୁ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପ୍ରସ୍ଥ b ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ହେବ, $b = (x_3)_{\text{ଦୀପ୍ତ}} - (x_2)_{\text{ଦୀପ୍ତ}} = \frac{\lambda D}{d}$ = ... (22.8)

ତୁମେ ଜାଣିରଖ ଯେ, ବ୍ୟତିକରଣ ପ୍ରତିରୂପରେ n ର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ ସମସ୍ତ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସ୍ଥ ସମାନ ରହେ । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ, ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ ଉତ୍ସ ଓ ପରଦା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା ସହ ସମାନୁପାତୀ ଓ ସ୍ଲିଟଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା ସହ ବ୍ୟୁତକ୍ରମାନୁପାତୀ ଅଟେ । ବାସ୍ତବକ୍ଷେତ୍ରରେ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ଏତେ ସରୁ ଯେ, ଏହା ଦେଖିବା ପାଇଁ ଆମେ ବର୍ଦ୍ଧକ କାଚ (magnifying) ର ଉପଯୋଗ କରୁ ।

ଏହାପରେ ଆସ ଆମେ ବ୍ୟତିକରଣର ପ୍ରତିରୂପରେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଏବଂ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା ବିଷୟରେ ଜାଣିବା । ଆମେ ଜାଣିଛେ, ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗ ପରଦାର ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ବିପରୀତ କଳାରେ ପହଞ୍ଚେ, ସେତେବେଳେ ଆମେ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପାଇଥାଉ । ତୁମେ ପଚାରି ପାର ଯେ, ଏହା କ'ଣ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ବିରୋଧ କରୁନାହିଁ ? କାରଣ ଏଠାରେ ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱୟ ବହନ କରୁଥିବା ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହେବା ଭଳି ଲାଗେ ? କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ଏପରି ହୁଏ ନାହିଁ; ବ୍ୟତିକରଣ ପ୍ରତିରୂପରେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ଉଲ୍ଲଂଘନ ହୁଏ ନାହିଁ । ବାସ୍ତବରେ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ର ଯେତିକି ଶକ୍ତି କମ୍ ହୋଇଥାଏ, ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ରେ ସେତିକି ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ସମୀକରଣ (22.1) ରୁ ତୁମେ ଦେଖି ପାରିବ ଯେ, ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା ଏକୁଟିଆ ତରଙ୍ଗର ତୀବ୍ରତାର ଚାରିଗୁଣ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଚିତ୍ର (22.6)ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ,



ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 22.6 : ଏକ ବ୍ୟତିକରଣର ପ୍ରତିରୂପ (ପାର୍ଟନ)ରେ ତୀବ୍ରତାର ବିତରଣ

ବ୍ୟତିକରଣ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍ ପ୍ରତିରୂପରେ **ଶକ୍ତିର ପୁର୍ନବଣ୍ଟନ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଶକ୍ତି ଶୂନ ଏବଂ $4a^2$ ମଧ୍ୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ** । ପ୍ରତ୍ୟେକ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ସ୍ୱାଧୀନ ଭଳି ଏକୁଟିଆ ଯୋଗଦାନ କରିବ a^2 ଏବଂ ବ୍ୟତିକରଣ ନଥିଲେ ପରଦାରେ ଦୁଇଟି ତୁଲ୍ୟ ଉତ୍ସରୁ ଆସୁଥିବା ଆଲୋକ ଯୋଗୁଁ $2a^2$ ପରିମାଣର ସମତୀବ୍ରତାରେ ଆଲୋକିତ ହେବ । ଚିତ୍ର 22.6 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶନ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ରେଖା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ମାଧ ତୀବ୍ରତା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ତୁମେ ଦେଖିଲ ଯେ, ୟଙ୍ଗଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାରେ ଦେଖାଯାଉଥିବା ବ୍ୟତିକରଣ ପ୍ରତିରୂପ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଆଧାରରେ ଗୁଣାତ୍ମକ ଏବଂ ମାନାତ୍ମକ ରୂପରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇ ପାରିବ । ଏଠାରେ ଏ ସବୁକୁ ଭଲଭାବରେ ବୁଝିଛ ବୋଲି ଜାଣିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 22.2

1. ଦୁଇଟି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଅଧାରୋପଣ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବିସ୍ଥାପନ କେଉଁ କାରକଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ ?

   ....

2. ୟଙ୍ଗଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାରେ ପରଦା ଉପରେ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ କିଭଳି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ?

   ....

3. ଯଦି ଆମେ ୟଙ୍ଗଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାରେ ଦୁଇଟି ସୂକ୍ଷ୍ମ ଛିଦ୍ର S_1 ଓ S_2 ସ୍ଥାନରେ ଦୁଇଟି ତାପଦୀପ୍ତ ଆଲୋକର ବଲ୍‌ବ ନେବା, ତାହାହେଲେ ମଧ୍ୟ ଆମେ ପରଦା ଉପରେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଓ ଅନୁଜ୍ଜ୍ୱଳ ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଦେଖିବା କି ?

   ....

4. ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସ କ'ଣ ?ଆମର ଆଖିମାନେ ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସ ଭାବେ କାମ କରିପାରିବେ ନାହିଁ ?

   ....

22.3 ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନ (Diffraction of light)

ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟମାନଙ୍କରେ ତୁମକୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ, ଆଲୋକର ସରଳ ରେଖୀୟ ସଂଚରଣ ଏକ ଅଭିଲାକ୍ଷଣିକ ଗୁଣ ଅଟେ । ଆଲୋକ ସରଳରେଖାରେ ଗତିକରିବାର ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରମାଣ ହେଉଛି, ଛାୟା ସୃଷ୍ଟି । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଛାୟାଗୁଡ଼ିକର ସୃଷ୍ଟିକୁ ସାବଧାନ ସହ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ, ତୁମେ ଦେଖିବ ଏହାର ଧାରଗୁଡ଼ିକ ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଆଲୋକ ଅତି ଛୋଟ ରନ୍ଧ୍ର ଦେଇ ଗଲେ କିମ୍ବା ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ରାକାରର ଅବରୋଧ ଉପରେ ପଡ଼ିଲେ, ଆଲୋକ ସରଳରେଖୀୟ ଗତି ନିୟମର ଉଲ୍ଲଙ୍ଘନ ହୁଏ । ଛିଦ୍ର କିମ୍ବା ଅବରୋଧର ଧାରରେ ଆଲୋକ ଛାୟା ଅଞ୍ଚଳକୁ ବଙ୍କାଇ ଯାଇଥାଏ ଏବଂ ସରଳ ରେଖାରେ ଗତି କରି ନ ଥାଏ । **ଏକ ଅବରୋଧର ଧାରରେ ଆଲୋକ ବଙ୍କେଇବାକୁ ବିବର୍ତ୍ତନ କୁହାଯାଏ ।**

ଆଲୋକ ବିବର୍ତ୍ତନ ପରିଘଟଣା ଅଧିକ ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ ତୁମେ ନିଜେ ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନ ଦେଖିବାକୁ ଚାହିଁପାରୁ । ଏକ ସରଳ କାର୍ଯ୍ୟ ଦ୍ୱାରା ତୁମେ ଏହାକୁ ଦେଖି ପାରିବ । ରାତିରେ ରାସ୍ତାରେ ବତୀଖୁଣ୍ଟରେ ଥିବା ଆଲୋକକୁ ଦେଖ ଏବଂ ନିଜର ଆଖିକୁ ପ୍ରାୟ ପୁରା ବନ୍ଦ କର । ତୁମେ କ'ଣ ଦେଖୁଛ ? ଆଲୋକ ଲ୍ୟାମ୍ପ କିମ୍ବା ଟ୍ୟୁବ୍‌ରୁ ଧାର ଧାର ହୋଇ ନିର୍ଗତ ହେଲା ପରି ଦେଖାଯିବ । ତୁମର ଆଖି ଡୋଳାର କଣରେ ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନ (ବଙ୍କାଇବା) ଯୋଗୁଁ ଏହା ହୋଇଥାଏ ।

ନିଜର ରୁମାଲକୁ ଉପଯୋଗ କରି ମଧ୍ଯ ତୁମେ ବିବର୍ତ୍ତନ ଦେଖିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ । ରୁମାଲକୁ ନିଜ ଆଖି ପାଖରେ ରଖି ତା ମଧ୍ୟ ଦେଇ ସୂର୍ଯ୍ୟଙ୍କୁ କିମ୍ବା ଏକ ବଲ୍‌ବକୁ ଦେଖ । ତୁମେ ବୃତ୍ତାକାର ଫ୍ରିଞ୍ଜ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ଦେଖିବ । ଏହା ରୁମାଲର ସୂତାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସୂକ୍ଷ୍ମ ରନ୍ଧ୍ରରେ ବିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁଁ ଦେଖାଯାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ପରିସ୍ଥିତିରେ ବିବର୍ତ୍ତନ ଅବରୋଧ / ଛିଦ୍ର ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଟେ । ବିବର୍ତ୍ତନ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ନିମିତ୍ତ ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ସର୍ତ୍ତ ପୂରଣ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ :

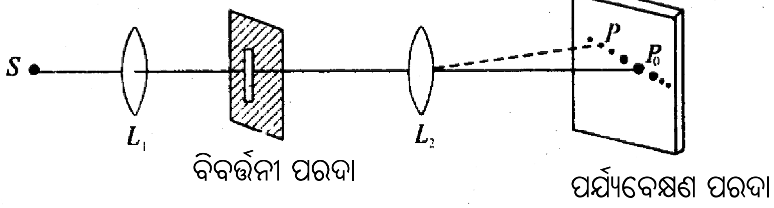
(a) *ଅବରୋଧ କିମ୍ବା ଛିଦ୍ରର ଆକାର ଆପତିତ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ କୋଟିର ହେବା ଉଚିତ୍ ।*

(b) *ଅବରୋଧ କିମ୍ବା ଛିଦ୍ର ଏବଂ ପରଦା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ଅବରୋଧ କିମ୍ବା ଛିଦ୍ରର ଆକାର ତୁଳନାରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ (କେତେ ହଜାର ଗୁଣ) ହେବା ଉଚିତ୍ ।*

ଉପରୋକ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଆଧାରରେ ସହଜରେ ବୁଝିହେବ କି, ଆମେ ସାଧାରଣତଃ କାହିଁକି ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନ ଦେଖୁ ନାହୁଁ ଏବଂ ଆଲୋକ କାହିଁକି ସରଳରେଖାରେ ଗତି କରିବା ଭଳି ଜଣାଯାଏ । ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 10^{-6}m ପରାସରେ ଥାଏ । ତେଣୁ ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନକୁ ଦେଖିବାକୁ ଅବରୋଧ କିମ୍ବା ଛିଦ୍ରର ବିସ୍ତାର ଏହି କୋଟିର ହେବା ଉଚିତ ।

22.3.1 ଗୋଟିକିଆ ସ୍ଲିଟରେ ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନ

ଆସ ଆମେ ଦେଖିବା ଗୋଟିଏ ସ୍ଲିଟ୍ ଭଳି ଏକ ସରଳ ଦ୍ୱାରକରେ ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପ କିଭଳି ଦେଖାଯାଉଛି । ଚିତ୍ର 22.7 କୁ ଦେଖ । ଏଠାରେ ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପ ସୃଷ୍ଟି କରିବାକୁ ପରୀକ୍ଷାର ବ୍ୟବସ୍ଥା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । S ଏକବର୍ଣ୍ଣୀ ଆଲୋକର ଉତ୍ସ ଅଟେ । ଏହାକୁ ଏକ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସର ଫୋକସ୍ ତଳରେ ରଖା ଯାଇଛି ଯେପରିକି ଏକ ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଏକ ସରୁ ସ୍ଲିଟ ଉପରେ ପଡ଼ିବ । ଆଉ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସ ସ୍ଲିଟ୍‌ର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶରୁ ଆସୁଥିବା ଆଲୋକକୁ ପରଦା ଉପରେ ଫୋକସ୍ କରିଥାଏ ।

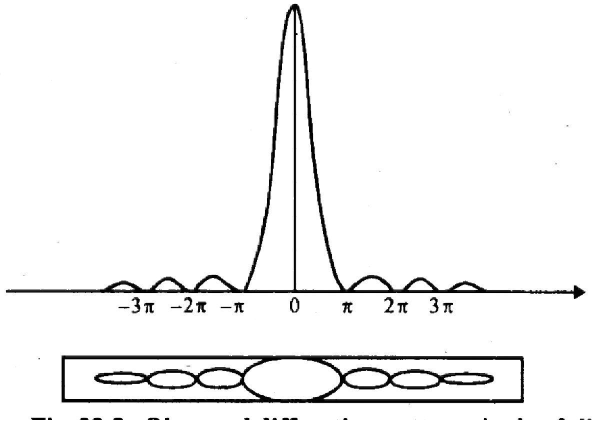


ଚିତ୍ର 22.7 : ଏକ-ସ୍ଲିଟ ବିବର୍ତ୍ତନର ବ୍ୟବସ୍ଥା- ଚିତ୍ର

ଚିତ୍ର 22.8 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ଆଲୋକ ଯୋଗୁଁ ଉର୍ଦ୍ଧମୁଖୀ ଅଭିଲମ୍ବ ସ୍ଲିଟ୍‌ରେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରକୃତ ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପର ପ୍ରମୁଖ ଲକ୍ଷଣମାନ ହେଉଛି :

1 ସ୍ଲିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ରେଖାରେ ଆଲୋକର ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ବର୍ଣ୍ଣରେଖା ।

- ଭୂସମାନ୍ତର ପ୍ରତିରୂପ ଗୋଟିଏ ଧାଡ଼ି ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ବିନ୍ଦୁ ।
- କେନ୍ଦ୍ର ଉପର ବିନ୍ଦୁ ସର୍ବାଧିକ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଅଟେ । ଏହି ବିନ୍ଦୁର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ତୁମେ ଦେଖିବ ସମବିନ୍ୟାସିତ ଅନେକ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ବିନ୍ଦୁ ଯାହାର ତୀବ୍ରତା କ୍ରମଶଃ ହ୍ରାସ ହୋଇଛି । କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ବିନ୍ଦୁକୁ **ମୁଖ୍ୟ ଶୀର୍ଷିକା** (maxima) ଏବଂ ଅନ୍ୟ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକୁ **ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀର୍ଷିକା** କୁହାଯାଏ ।
- କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ବିନ୍ଦୁର ପ୍ରସ୍ଥ ଅନ୍ୟ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସ୍ଥ ଠାରୁ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ଅଟେ ।

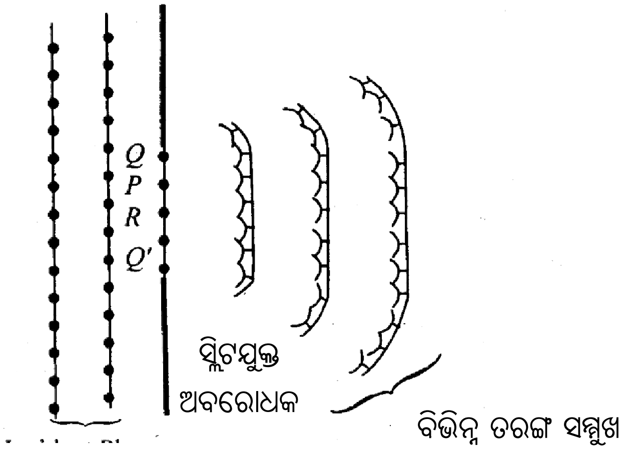


ଚିତ୍ର 22.8 ଏକ ସ୍ଲିଟରୁ ମିଳୁଥିବା ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପ

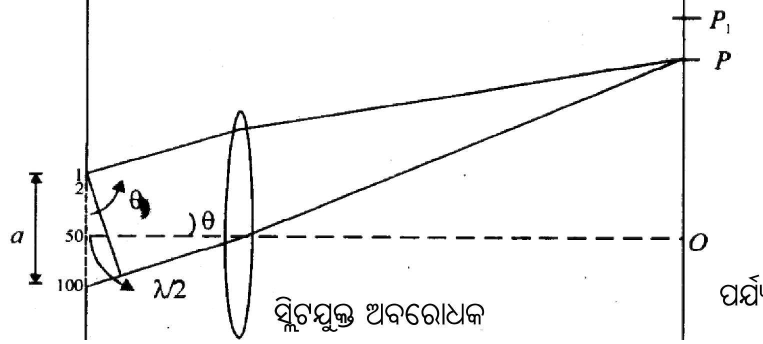
ଏହି ପରିଣାମଗୁଡ଼ିକର ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଭିତ୍ତିକୁ ବୁଝିବା ପାଇଁ ଆମେ ମନେ ରଖିବା ଯେ, ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସାରେ ସ୍ଲିଟ ରହି ଥିବା ଅବରୋଧ ଉପରେ ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଆପତିତ ହୁଏ । ଅବରୋଧ ଉପରେ ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଯେଉଁ ଅଂଶ ସ୍ଲିଟରେ ଆପତିତ ହୁଏ, କେବଳ ସେତିକି ଅଂଶ ତାହା ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଏ । ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଏହି ଅଂଶ ଅବରୋଧର ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସଂଚରିତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସ୍ଲିଟରୁ ବାହାରିବା ପରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଆକୃତି ସମତଳ ରହେ ନାହିଁ ।

ଚିତ୍ର 22.9 କୁ ଦେଖ । ଏଠାରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଉଥିବା ଦ୍ୱାରକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଯଥା : QPR ..... Q^1 ଇତ୍ୟାଦି ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାର ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସର ଏକ ଶ୍ରେଣୀ ଗଠନ କରେ । ଅବରୋଧର ଦକ୍ଷିଣରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଭାଗରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ P ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକା ଏହାର ଦୁଇ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଯଥା Q ଏବଂ R ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ଉପସ୍ଥିତି ହେତୁ ପ୍ରସାରିତ ହୋଇଥାଏ । ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଆକୃତି ଏହି ତରଙ୍ଗିକଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଏ । ତେଣୁ ସଂଚରିତ ହେବାବେଳେ ତରଙ୍ଗସମ୍ମୁଖର କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଅଂଶ ସମତଳ ରହିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସ୍ଲିଟର ପ୍ରାନ୍ତର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଯଥା Q ଏବଂ Q^1 ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ପାଇଁ ପ୍ରାନ୍ତ ପରେ ତରଙ୍ଗିକା ନ ଥାଏ । ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଆକୃତି ସମତଳ ରହିଥାଏ, ତେଣୁ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ପ୍ରାନ୍ତ ନିକଟରୁ ନିମିତ୍ତ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକା ନ ଥିବା ଫଳରେ, ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ନିଜର ସମତଳ ଆକାରରୁ ବିଚ୍ୟୁତ ହୁଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରେ କହିଲେ ପ୍ରାନ୍ତନିକଟସ୍ଥ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରସାରିତ ହୋଇଥାଏ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାରର ସରୁ ଦ୍ୱାରକ ମଧ୍ୟଦେଇ ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଗତିକରିବା ପରେ ସମତଳ ରହେ ନାହିଁ ।

ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 22.9 : ଏକ ପତଳା ସ୍ଲିଟରେ ଆଲୋକର ବିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ହାଇଜେନ୍ ସଂରଚନା



ଚିତ୍ର 22.10 : ଗୋଟିକିଆ ସ୍ଲିଟ ବିବର୍ତ୍ତନର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଚିତ୍ର

ଗୋଟିଏ ସ୍ଲିଟ ପାଇଁ **ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପର ତୀବ୍ରତା**କୁ ବୁଝିବାକୁ ଆମେ ପରଦା ଉପରେ ପହଞ୍ଚୁଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଅଧ୍ୟାରୋପଣର ପ୍ରକୃତିକୁ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା । ହାଇଜେନ୍‌ଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ପରୀକ୍ଷା କରିବାକୁ ଆମେ ସ୍ଲିଟର ପ୍ରସ୍ଥ 'a' କୁ 100 ସମାନ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରିବା । ଏହି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭାଗ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ସ ଭାବେ ନିଆଯାଇପାରେ । ଏହି ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଲିଟର ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ସଂଚରିତ ହୁଏ । ଯେହେତୁ ସ୍ଲିଟ ଉପରେ ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ଆପତିତ ହେଉଛି, ଆରମ୍ଭରୁ ଏହା ଉପରେ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ସମକଳାରେ ଅଛନ୍ତି । ତେଣୁ ଏହି ସବୁ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଲିଟରୁ ବାହାରୁଥିବା ସମୟରେ, ସମାନ କଳାରେ ଥାଆନ୍ତି । ଆସ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ପରଦା ଉପରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁ 'O' ଉପରେ ଏହି ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକୁ ଅଧ୍ୟାରୋପଣର ପ୍ରଭାବ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା । ଚିତ୍ର 22.10 ସମମିତତା ସୂଚାଉଛି ଯେ, ଉତ୍ସ 1 ଏବଂ ଉତ୍ସ 100 ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକା O ବିନ୍ଦୁରେ ପରଦା ଉପରେ ସମ କଳାରେ ପହଁଞ୍ଚିବେ, କାରଣ ତରଙ୍ଗିକା ଦ୍ୱୟ ସମାନ ଦୂରତା ଗତି କରନ୍ତି । ସ୍ଲିଟ୍ ଉପରୁ ନିଜ ନିଜ ବିନ୍ଦୁରୁ ଯାତ୍ରାରମ୍ଭ କଲାବେଳେ ସେମାନେ ସମକଳାରେ ଥିଲେ । ତେଣୁ ଏଗୁଡ଼ିକ ବିନ୍ଦୁ O ଉପରେ ସମାନ କଳାରେ ପହଞ୍ଚନ୍ତି ଏବଂ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ଯୋଗୁଁ ଏହାର ପରିଣାମୀ ଆୟାମ ଉତ୍ସ 1 ରୁ 100 ର ଏକକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ହେତୁ ଆୟାମଠାରୁ ବହୁତ ଅଧିକ ହେବ । ଏହି ଭଳି ଉତ୍ସ 2 ରୁ 50 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଉତ୍ସ ପାଇଁ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ନିମନ୍ତେ 99 ରୁ 51 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ସରେ ଏକ ସଂଗତ ତରଙ୍ଗିକା ଥିବ ଯାହା ଯୋଗୁଁ ଅନୁକଳ ବ୍ୟତିକରଣ ହେବ । ଏହା ଫଳରେ କେନ୍ଦ୍ର ବିନ୍ଦୁ 'O' ଉପରେ ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ହେବ । ତେଣୁ ପରଦା ଉପରେ 'O' ବିନ୍ଦୁ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଦେଖାଯିବ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ପରଦା ଉପରେ ଅକ୍ଷ ବାହାରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁ P କୁ ବିଚାର କରିବା । ମନେକର ବିନ୍ଦୁ P ଏପରି ଅଛି ଯେ ସ୍ଲିଟର ଅନ୍ତିମ ବିନ୍ଦୁ ଅର୍ଥାତ୍ ଉତ୍ସ 1 ଏବଂ 100 ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର λ ଅଟେ । ତେଣୁ ଉତ୍ସ 1 ଏବଂ 51ରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର ପ୍ରାୟ (λ/2) ସହ ସମାନ ହେବ ।

ଆଲୋକର ବ୍ୟତୀକରଣରୁ ତୁମର ସ୍ମରଣ ହେବ ଯେ, ଉତ୍ସ 1 ଏବଂ 51ରୁ ଆସୁଥିବା ତରଙ୍ଗ P ରେ ବିପରୀତ କଳାରେ ପହଞ୍ଚେ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରତିକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ସେହିଭଳି ଉତ୍ସ 2 ଏବଂ 52 ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ଏବଂ ଏହି ଭଳି ସମସ୍ତ ଯୁଗ୍ମରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ P ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ପ୍ରତିକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବ । ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଆମେ ନ୍ୟୁନତମ ତୀବ୍ରତା ପାଇବା । ଏହି ଭଳି ଅନ୍ୟ ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତ ଉତ୍ସ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର 2λ ହେବ, ସେଠାରେ ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟ ନ୍ୟୁନତମ ହେବ । ଆମେ କଳ୍ପନା କରି ପାରିବା ଯେ, ସ୍ଲିଟ ଚାରି ସମାନ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଛି ଏବଂ ଉତ୍ସ 1 ଓ 26, 2 ଓ 27, ..., ... କୁ ଯୋଡ଼ିଲେ ଦେଖାଇ ପାରିବା କି ପ୍ରଥମ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର λ/2 ଅଟେ ଏବଂ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରନ୍ତି । ଏହି ଯୁକ୍ତି ଅନୁସାରେ ତୃତୀୟ ଓ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ମଧ୍ୟ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରନ୍ତି । ତେଣୁ ତୀବ୍ରତା ନ୍ୟୁନତମ ହେବ । ଏମିତି ଏହା ଆଗେଇ ଚାଲିବ । ତେଣୁ ଆମେ **ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିବା ଯେ ଯଦି କୌଣସି ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଲିଟର ଅନ୍ତିମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର λ ର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣାଙ୍କ ହେବ, ତେବେ ପରିଣାମୀ ବିବର୍ତ୍ତନ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ ହେବ ।**

ଆସ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ P ଏବଂ P_1 ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁ P' ତୀବ୍ରତା ନିରୂପଣ କରିବା । ଏଥିପାଇଁ ଅନ୍ତିମ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର 3λ/2 ଅଟେ । ଆମେ ସ୍ଲିଟ ଉପରେ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖକୁ ତିନି ସମାନ ଭାବରେ ବିଭକ୍ତ କରିବା । ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚିଲା ବେଳକୁ ଦୁଇ ଭାଗରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତଦନୁରୂପ ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର λ/2 ହେବ ଏବଂ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରିବେ । ଅଦମ୍ୟ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖରେ ତୃତୀୟ ଭାଗର ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣରେ ଯୋଗଦାନ କରିବେ (ଏଠାରେ ଧରିନେବା ଯେ, ଏହି ଅଂଶରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗିକାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପଥାନ୍ତର ଶୂନ୍ ହେବ) ଏବଂ P' ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହେବ । କିନ୍ତୁ P^1 ରେ ତୀବ୍ରତା ପାଇଁ କେବଳ ଏକ ତୃତୀୟାଂଶ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଯୋଗଦାନ ଅଛି, କିନ୍ତୁ *O* ଉପରେ ତୀବ୍ରତା ପାଇଁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଯୋଗଦାନ ଅଛି । ତେଣୁ P^1 ଉପରେ ତୀବ୍ରତା *O* ଉପରେ ତୀବ୍ରତା ତୁଳନାରେ ଯଥେଷ୍ଟ କମ୍ ହେବ । ବିନ୍ଦୁ P^1 ଏବଂ ଏହିପରି ଅନ୍ୟ ବିନ୍ଦୁ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀର୍ଷିକା ସୃଷ୍ଟିକରେ । ମାତ୍ର ଏଠାରେ ତୁମେ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ ଏହା କେବଳ ଏକ ଗୋଟିକିଆ ସ୍ଲିଟରେ ବିବର୍ତ୍ତନର ଗୁଣାତ୍ମକ ଓ ସରଳ ବ୍ୟାଖ୍ୟା । ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ବିଷୟରେ ଉଚ୍ଚ ଶ୍ରେଣୀରେ ଧ୍ୟାନ କଲେ ତୁମେ ଏହି ପରିଘଟଣା ବିଷୟରେ ଅଧିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିପାରିବ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 22.3

1. ବିବର୍ତ୍ତନ ପରିଘଟଣା ଦର୍ଶାଉଛି କି, ଆଲୋକ ସରଳରେଖୀୟ ପଥରେ କାହିଁକି ଗତି କରେ ନାହିଁ ?

   ....

2. ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ ଓ ବିବର୍ତ୍ତନ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

   ....

ଟିପ୍ପଣୀ

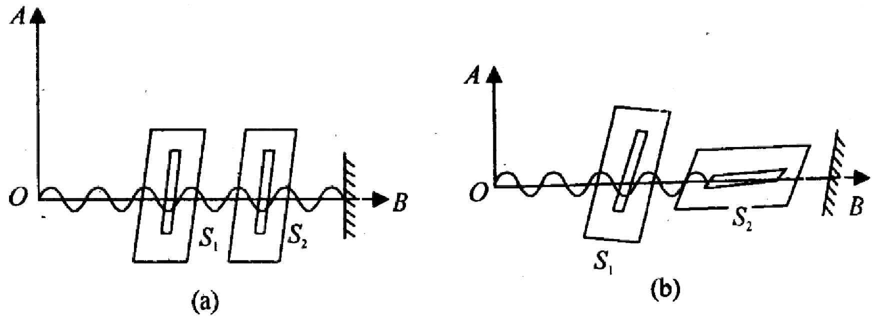
3. ଏକକ ସ୍କିଟ ବିବର୍ତ୍ତନରେ ମୁଖ୍ୟ ଶୀର୍ଷିକା ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀର୍ଷିକା ମଧ୍ୟରେ ତୀବ୍ରତା କାହିଁକି ସମାନ ନୁହେଁ ?

....

22.4 ଆଲୋକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Polarisation of Light)

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟର ପୂର୍ବ ଦୁଇ ଭାଗରେ ତୁମେ ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ ଏବଂ ବିବର୍ତ୍ତନ ପରିଘଟଣା ସଂପର୍କରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିସାରିଛ । ବ୍ୟତିକରଣ ଓ ବିବର୍ତ୍ତନ ଅଧ୍ୟୟନ ସମୟରେ ଆମେ କେବେ ହେଲେ .... ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରକୃତି କିପରି ଅଟେ, ଏହା ଆନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ କିମ୍ବା ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଜାଣିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରି ନାହୁଁ । ମାତ୍ର ଆଲୋକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ନିର୍ଣ୍ଣାୟକ ରୂପରେ ପ୍ରମାଣ କରିଛି ଯେ, ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଅଟେ ।

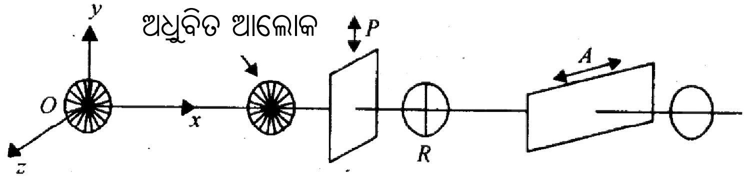
ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପରିଘଟଣା ବୁଝିବାକୁ ଆସ ଏକ ସରଳ ପରୀକ୍ଷା କରିବା ।



ଚିତ୍ର 22.11 : ଏକ ଦଉଡ଼ିରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ (a) ଦୁଇଟି ଅଭିଲମ୍ବରେ ଥିବା ସ୍କିଟରେ ଏବଂ (b) ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ଓ ଅନ୍ୟଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଥିବା ସ୍କିଟରେ ।

ଦୁଇଟି ସରୁ ଅଭିଲମ୍ବ ସ୍କିଟ୍ S_1 ଏବଂ S_2 ଥିବାଦୁଇଟି କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ ନିଅ । ସେମାନଙ୍କୁ ପରସ୍ପର ସହ ସମାନ୍ତର କରି ରଖ । ଖଣ୍ଡେ ସୂତାକୁ ସ୍ଲିଟ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ନିଅ ଏବଂ ଏହାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡକୁ ବାନ୍ଧି ଦିଅ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ତୁମ ହାତରେ ଧର । ବର୍ତ୍ତମାନ ତୁମର ହାତକ ଉପର ତଳ କରି ଏବଂ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ହଲାଇ ସବୁ ଦିଗରେ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି କର । ଚିତ୍ର 22.11 (a) ରେ ଦର୍ଶାଗଲା ଭଳି ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ଅଭିଲମ୍ବରେ ଥିବା ସ୍ଲିଟ୍ S ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ତରଙ୍ଗ S_1 ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଚାଲିଯିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ଲିଟ୍ S_2 କୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ରଖି ପରୀକ୍ଷାର ପୁନରାବୃତ୍ତି କର । ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ତରଙ୍ଗ S_2 ଆଗକୁ ଯାଇପାରୁ ନାହିଁ । ଏହାର ଅର୍ଥ, S_1 ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଆସୁଥିବା ତରଙ୍ଗ ଭୂସମାନ୍ତର ସ୍ଲିଟ୍ S_2 ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଇପାରିବ ନାହିଁ । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ତରଙ୍ଗର କଂପନ ସ୍ଲିଟ S_2 ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଥିବା ସମତଳରେ ହୋଇଥାଏ ।

ଆଲୋକ ପାଇଁ ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଏକ ଆଲୋକ ଉତ୍ସ 'O' ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ରଖି ଏବଂ ସ୍କିଟଗୁଡ଼ିକର ପରିବର୍ତ୍ତେ ଦୁଇଟି ପୋଲାରଏଡ୍ ରଖି ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପୁନର୍ବାର କର । ତୁମେ କେବଳ (a) ପରିସ୍ଥିତିରେ ଆଲୋକ ଦେଖି ପାରିବ । ଏଥିରୁ ଏହା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଉଛି କି ଆଲୋକର କଂପନ କେବଳ ଏକ ସମତଳରେ ସୀମିତ ରହେ । ପ୍ରଥମ ପୋଲାରଏଡ଼ରୁ ନିର୍ଗତ ହେବା ପରେ ଆଲୋକକୁ *ରୈଖିକ ଧ୍ରୁବିତ କିମ୍ବା ସମତଳ ଧ୍ରୁବିତ* କୁହାଯାଏ । (ଚିତ୍ର 22.12) ।

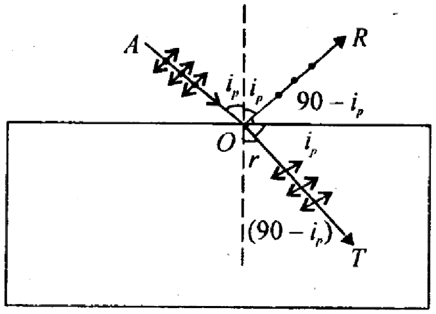


ଚିତ୍ର 22.12 : ଆଲୋକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଦେଖିବା ପାଇଁ ଉପକରଣର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଚିତ୍ର ।

ଅଧ୍ରୁବିତ ଆଲୋକ କାଚ, ଜଳ କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ ସ୍ୱଚ୍ଛ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଆପତିତ ହେଲେ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକ ସାଧାରଣତଃ ଭାବରେ ଆଂଶିକ ରୂପରେ ସମତଳ ଧ୍ରୁବୀତ ହେବ । ଚିତ୍ର 22.13 ରେ ଅଧ୍ରୁବୀତ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି AO ଏକ କାଚ ପ୍ଲେଟ ଉପରେ ଆପତିତ ହୋଇଛି । ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକକୁ OR ଏବଂ ସଞ୍ଚରିତ ତରଙ୍ଗକୁ OT ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆଲୋକ ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣରେ ଆପତିତ ହେଲେ, ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ । ଏହି କୋଣରେ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଓ ସଞ୍ଚରିତ ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ରହିଥାନ୍ତି ।

ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣ କାଚ ପ୍ଲେଟ କିମ୍ବା ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ (ଅଧ୍ରୁବୀୟ) ଆଲୋକ ଆପତିତ ହୁଏ, ତାହାର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ପ୍ରତିସରଣ କୋଣ (r) ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣ i_p ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂବନ୍ଧ ସ୍ନେଲଙ୍କ ନିୟମରୁ ମିଳିଥାଏ । (ଚିତ୍ର 22.13 ଦେଖ) ।

$$m = \frac{\sin i_p}{\sin r} = \frac{\sin i_p}{\sin(90^0 - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \tan i_p$$



ଚିତ୍ର 22.13 : ପ୍ରତିଫଳିତ ଏବଂ ପ୍ରତିସରିତ ଆଲୋକର ଧ୍ରୁବୀୟତା

ଏହାକୁ ବ୍ରିଉଷ୍ଟରଙ୍କ ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣ i_p ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ବାୟୁ-ଜଳ ଅନ୍ତରାପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ $i_p = 53^0$ । ଏହାର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ଏହା ଯେ, ସୂର୍ଯ୍ୟ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗର 37^0 ଉପରେ ରହିଲେ ଜଳ ଚହଲୁ ନ ଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ପୋଖରୀ କିମ୍ବା ହ୍ରଦରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ରେଖୀୟ ଧ୍ରୁବୀୟ ହେବ । ବ୍ରିଉଷ୍ଟରଙ୍କ ନିୟମର ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ଅନେକ ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି ।

କୌଣସି ମସୃଣ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକ ଯୋଗୁଁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତୀବ୍ର ଦିପ୍ତୀକୁ ପୋଲାରଏଡ଼ ନାମକ ଆଲୋକକୁ ସଞ୍ଚାରିତ କରିଥାଏ ଏବଂ ତା'ର ଅଭିଲମ୍ବ ପୃଷ୍ଠତଳରେ ପଦାର୍ଥର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା କମ୍ କରାଯାଇପାରେ । କୁଇନାଇନ୍ ଆଇଡୋସଲ୍‌ଫେଟ୍ ସ୍ଫଟିକକୁ ନାଇଟ୍ରୋସେଲୁଲୋଜର ଚଦର ଉପରେ ଏକା ଧାଡ଼ିରେ ପଂକ୍ତି ସଂଯୋଗରେ ଏହା ତିଆରି ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ସ୍ଫଟିକ (ଯାହାକୁ ଦ୍ୱିବର୍ଣ୍ଣୀ (dichomic) କୁହାଯାଏ) ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠରେ ଆଲୋକକୁ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାଏ । ତେଣୁ ଚଷମା (ସନ୍‌ଗ୍ଲାସ) ରେ ***ପୋଲାରଏଡ୍‌***ର ଏକ ପରସ୍ତ ଧ୍ରୁବିତ ଆଲୋକର ଏକ ଅଂଶକୁ ଦୀପ୍ତିର ତୀବ୍ରତା କମାଇଦିଏ । *ପୋଲାରଏଡ୍*

ଟିପ୍ପଣୀ

ଡିସ୍କକୁ ଫଟୋଗ୍ରାଫିରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ଏହାକୁ କ୍ୟାମେରାର ଲେନ୍‌ସର ସାମନାରେ ଲଗାଇ ଫିଲଟର ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ଫଟୋରେ ବିସ୍ତୃତ ବିବରଣୀ ମିଳିଥାଏ, ଯାହା ଅନ୍ୟଥା ତୀବ୍ର ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତା କାରଣରୁ ଲୁଚି ଯାଇଥା'ନ୍ତା । ପୋଲାରିମିଟରଗୁଡ଼ିକୁ ଚିନି ଶିଳ୍ପରେ ଗୁଣାବତା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପାଇଁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 22.4

1. ଆଲୋକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଥିବାର ନିଶ୍ଚିତ ପ୍ରମାଣ ଅଟେ । ଏହାର ଯଥାର୍ଥ୍ୟ ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

   ....

2. ଏହା କହିବା ଠିକ୍ ହେବ କି ତରଙ୍ଗ ଗତିର ଦିଗ ଧ୍ରୁବଣ ସମତଳରେ ରହି ନ ପାରେ ?

   ....

3. ମନେକର ଅଧ୍ରୁବୀୟ ଆଲୋକର ଏକ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ଦୁଇଟି ପୋଲାରଏଡ଼ର ସମଷ୍ଟିରେ ଆପତିତ ହେଉଛି । ଯଦି ଏହି ପୋଲାରଏଡ୍‌ମାନଙ୍କ ସାହାଯ୍ୟରେ ତୁମେ ଆଲୋକକୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବନ୍ଦ କରିବାକୁ ଚାହୁଁଥାଅ, ତେବେ ଏହି ପୋଲାରାଇଜଡ୍‌ମାନଙ୍କରେ ସଂଚରଣ ଅକ୍ଷ ମଧ୍ୟରେ କୋଣ କେତେ ହେବା ଉଚିତ ?

   ....

4. ବାୟୁରେ ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ କି ?

   ....

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ହାଇଜେନଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁସାରେ, ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ରୂପରେ ସଂଚରିତ ହୁଏ ।
- ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ସମକଳାରେ କଂପନ୍ନ କରୁଥିବା କଣିକାମାନଙ୍କର ବିନ୍ଦୁପଥକୁ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ କୁହାଯାଏ ।
- ଯଦି ଦୁଇଟି ଆଲୋକ ଉତ୍ସ ସମାନ ଆବୃତ୍ତି, ସମାନ ଆୟମର ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରୁଥାଏ ଏବଂ ଏହି ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ସମାନ ଦିଗରେ ଗତିକରୁଥାଏ ଓ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର କଳାନ୍ତର ରହୁଥାଏ, ତେବେ ଏହି ଦୁଇ ଉତ୍ସକୁ ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସ କୁହାଯାଏ ।
- ଦୁଇଟି ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହେଲେ ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁରେ ପୁର୍ନବଣ୍ଟନ ହୁଏ । ଏହାକୁ ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣ କୁହାଯାଏ ।
- ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ ପାଇଁ କଳାନ୍ତର $D = 2np$ ଏବଂ ପ୍ରତିକୂଳ ବ୍ୟତିକରଣ ପାଇଁ କଳାନ୍ତର $D = (2n+1)\,p$ ଅଟେ ।
- ଏକ ଅବରୋଧ କିମ୍ବା ଦ୍ୱାରକ କୋଣରେ ଆଲୋକର ବଙ୍କେଇବାକୁ ବିବର୍ତ୍ତନ କୁହାଯାଏ ।

ଯେଉଁ ପରିଘଟଣାରେ ଆଲୋକର କଂପନ୍ନ ଏହାର ପ୍ରସାରଣ ଦିଗରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠତାନରେ ସୀମିତ ରହେ, ତାହାକୁ ଆଲୋକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ କୁହାଯାଏ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଆଲୋକର ପ୍ରକୃତି ବର୍ଣ୍ଣନା କରୁଥିବା ତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ସଂକ୍ଷେପରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।
2. ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ କ'ଣ ? ସଂପୃକ୍ତ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖ ତୁଳନାରେ ଆଲୋକର ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛର ପ୍ରସାରଣ ଦିଗ କ'ଣ ? ହାଇଜେନଙ୍କ ତତ୍ତ୍ୱ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଏବଂ ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସାରଣକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।
3. ହାଇଜେନଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ତତ୍ତ୍ୱକୁ ଆଧାର କରି ପ୍ରତିଫଳନର ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର ।
4. ତରଙ୍ଗ ଗୁଡ଼ିକର ଅଧାରୋପଣର ସିଦ୍ଧାନ୍ତଗୁଡ଼ିକ କ'ଣ ? ଆଲୋକର ବ୍ୟତିକରଣର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।
5. ବ୍ୟତୀକରଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବା ପାଇଁ ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ ପରୀକ୍ଷଣକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ବ୍ୟତୀକରଣ ଫ୍ରିନ୍‌ଜଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସ୍ଥ ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।
6. ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍ଲିଟ ପରୀକ୍ଷାରୁ ମିଳୁଥିବା ବ୍ୟତୀକରଣ ପତିରୂପଗୁଡ଼ିକର ଉପରେ କ'ଣ ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ଯେତେବେଳେ;
   (i) ଗୋଟିଏ ସ୍ଲିଟକୁ ବନ୍ଦ କରି ଦିଆଯାଏ;
   (ii) ପରୀକ୍ଷାଟି ବାୟୁ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଜଳରେ କରାଯାଏ;
   (iii) ସବୁଜ ବର୍ଣ୍ଣ ଆଲୋକ ଉତ୍ସ ବଦଳରେ ହଳଦିଆ ବର୍ଣ୍ଣ ଆଲୋକ ଉତ୍ସ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ;
   (iv) ଦୁଇ ସ୍ଲିଟମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବଢ଼ାଯାଏ,
   (v) ଏକବର୍ଣ୍ଣୀ ଆଲୋକ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଧଳା ବର୍ଣ୍ଣର ଆଲୋକକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ;
   (vi) ସ୍ଲିଟଗୁଡ଼ିକ ଏବଂ ପରଦା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ବଢ଼ାଯାଏ;
   (vii) ସ୍ଲିଟଦ୍ୱୟକୁ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ କରାଯାଏ ଏବଂ
   (viii) ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଲିଟଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସ୍ଥ ବଢ଼ାଯାଏ ।
7. ୟଙ୍ଗଙ୍କ ପରୀକ୍ଷାରେ ସ୍ଲିଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 2m m ଏବଂ ସ୍ଲିଟ୍ ଓ ପରଦା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 100cm ଅଟେ । ସ୍ଲିଟକୁ ବିଭାଜିତ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ପରଦାରେ ଯେଉଁଠି ମିଳିତ ହୋଇଥାଏ, ସେଠାରୁ 5cm ଦୂରତାରେ ସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ପହଁଞ୍ଚୁଥିବା ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ପଥାନ୍ତର ହିସାବ କର ।
8. ହାଇଜେନଙ୍କ ସଂରଚନାକୁ ଆଧାର କରି ବିବର୍ତ୍ତନ ପରିଘଟଣାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।
9. ତୁମେ କିପରି ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବ ଯେ ଆଲୋକ ତରଙ୍ଗ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଅଟେ ।
10. ଧ୍ରୁବିତ ଏବଂ ଅଧ୍ରୁବିତ ଆଲୋକ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।
11. ବ୍ରିଉଷ୍ଟରଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଏବଂ ବୁଝାଅ ।
12. ଏକ ମାଧ୍ୟମର ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣ 60^0 ଅଟେ । ଏହି ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ହିସାବ କର ।
13. ଏକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ 1.42 ଅଟେ । ଏହା ଉପରେ ଆପତିତ ଏକ ଅଧ୍ରୁବିତ ଆଲୋକର ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ପାଇଁ ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣ ହିସାବ କର ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

22.1 1. ପରସ୍ପର ପ୍ରତିଲମ୍ବ (q = p/2) 2. ½

22.2

1. ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଆୟାମ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ଉପରେ

2. ଯେତେବେଳେ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇ ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର, 2p ର ପୂର୍ଣ୍ଣଗୁଣାଙ୍କ ହେବ ତେବେ ଆମେ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟତୀକରଣ ପାଇବା ।

3. ନାଁ । କାରଣ ଆଲୋକର ଦୁଇଟି ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଉତ୍ସ ବିଭିନ୍ନ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ ଆୟାମର ତରଙ୍ଗ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରେ ଏବଂ ଏହି ଦୁଇ ତଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ନାହିଁ । ଏହି ପ୍ରକାର ଉତ୍ସଗୁଡ଼ିକୁ ଅସଂସକ୍ତ କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟତୀକରଣ ଦେଖିବା ପାଇଁ ଆଲୋକ ଉତ୍ସଗୁଡ଼ିକର ସଂସକ୍ତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଆଲୋକ ଦୁଇଟି ଅସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସ ଆସୁଥାଏ, ତେବେ ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଦୁଇ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଶୀର୍ଷ କିମ୍ୱା ଗହ୍ୱର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ କରି ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତା ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାଏ, ପରବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷଣରେ ସେଠାରେ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ସର ଶୀର୍ଷ କିମ୍ୱା ଅନ୍ୟର ଗହ୍ୱର ମିଶି ଅନ୍ଧକାର ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାଏ । ତେଣୁ ସୂଚୀ ଛିଦ୍ର S_1 ଓ S_2 ସ୍ଥାନରେ ଦୁଇ ତାପଦିପ୍ତ ବଲବଗୁଡ଼ିକୁ ଉପଯୋଗ କଲେ, ପୁରା ପରଦା ସମାନ ଭାବେ ଆଲୋକିତ ହେବ ।

4. ସଂସକ୍ତ ଉତ୍ସଗୁଡ଼ିକରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତରଙ୍ଗ

(a) ସମାନ ଆବୃତ୍ତି ଏବଂ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ହେବା ଉଚିତ,

(b) ସମକଳାରେ କିମ୍ୱା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କଳାନ୍ତରରେ ଥିବା ଉଚିତ୍,

(c) ସମାନ ଆୟାମ ତଥା ସମାନ ଆବର୍ତ୍ତକାଳ ହେବା ଉଚିତ । ଆମର ଚକ୍ଷୁମାନେ ଏହି ମାନଦଣ୍ଡକୁ ପୂରଣ କରିପାରିବ ନାହିଁ । ଅଧିକନ୍ତୁ ଏ ଦୁଇଟି ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ହେବା ଉଚିତ ।

22.3

1. ହଁ ।

2. ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ହେତୁ ବ୍ୟତିକରଣ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ବିଭିନ୍ନ ଭାଗରୁ ଆସୁଥିବା ଦ୍ୱିତୀୟକ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ କାରଣରୁ ବିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ ।

3. ତରଙ୍ଗିକା ମଧ୍ୟରେ ବଢୁଥିବା ପଥାନ୍ତର କାରଣରୁ ।

22.4

1. ନାଁ । କାରଣ ଏକ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ତରଙ୍ଗରେ କଂପନର ଦିଗ ଓ ତରଙ୍ଗର ଗତିର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ ।

2. ନାଁ   3. 90^0 କିମ୍ୱା 270^0 4. ନାଁ

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତର :

7. 0.1m m   12. 1.73   13. 54^0