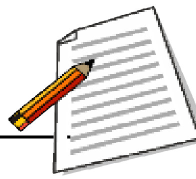


ଟିପ୍ପଣୀ

23

ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି

(OPTICAL INSTRUMENT)

ଆମ ଚକ୍ଷୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଆମେ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱ ସଂସାରର ଅଧିକାଂଶ ସୂଚନା ପାଇଥାଉ । କିନ୍ତୁ ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ, ଆମ ଚକ୍ଷୁର କିଛି ସୀମା ଅଛି । ବହୁତ ଦୂରରେ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଯଥା : ଗ୍ରହ, ତାରା ଇତ୍ୟାଦି ଆମ ଚକ୍ଷୁକୁ ଏତେ ଛୋଟ ଦେଖାଯାଏ ଯେ ଆମେ ଏହାର ବିସ୍ତୃତ ବିବରଣୀ ପାଇ ନଥାଉ । ସେହିଭଳି ପରାଗ ରେଣୁ, ଜୀବାଣୁ, ଭୂତାଣୁ ଭଳି ବହୁତ ଛୋଟ ବସ୍ତୁ ଇତ୍ୟାଦି ଖାଲି ଆଖିରେ ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଆମେ ଯାହା ଦେଖୁଛୁ ତାହାର ସ୍ଥାୟୀ ବିବରଣୀ ଚକ୍ଷୁରେ ରହେ ନାହିଁ । କେବଳ ଯାହା କିଛି ଆମର ସ୍ମୃତିରେ ରହେ । ତେଣୁ ତୁମେ ପଚାରି ପାର ଯେ, ଆମେ ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର ଏବଂ ବହୁ ଦୂରସ୍ଥ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ କିପରି ଦେଖିପାରିବା ? ଏଥିପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହେଉଥିବା ବିଶେଷ ଯନ୍ତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି କୁହାଯାଏ ।

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଦୁଇଟି ବିଶିଷ୍ଟ ଆଲେକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଏବଂ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ (ଟେଲିସ୍କୋପ) ସଂପର୍କରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା । ତୁମେ ଜାଣିଥିବ ଯେ, ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଛୋଟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ବର୍ଦ୍ଧନ କରିଥାଏ କିନ୍ତୁ ଦୂର ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଦେଖିବାରେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଉପଯୋଗ ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରପାତିର ଡିଜାଇନ୍ ଏହାର ଆବଶ୍ୟକତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । (ଅଧ୍ୟାୟ - 20ରେ ତୁମେ ଲେନ୍ସ ଏବଂ ଦର୍ପଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ବିଷୟରେ ଯାହା ଜାଣିଛ, ଯାହା ତୁମକୁ ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତିଗୁଡ଼ିକରେ କାର୍ଯ୍ୟାଧାରା ବୁଝିବାରେ ସହାୟକ ହେବ ।) ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ଉପଯୋଗିତା ଏହାର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ଏବଂ ବିଭେଦନ ପାୱାର ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇଥାଏ । ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ପାଇଁ ଅସଲ ଶବ୍ଦ ହେଉଛି ବିଭେଦକ ପାୱାର । ତୁମେ ହବଲ୍‌ଙ୍କ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ବିଷୟରେ ଆଗରୁ ପଢ଼ିଛ, ଯାହାକି ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଦୂରସ୍ଥ ମହାକାଶ ବିଷୟରେ ବିସ୍ତୃତ ବିବରଣୀ ପାଇବା ପାଇଁ ଏବଂ ଆମର ସୌରମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ ଜୀବନଧାରଣ ଉପଯୋଗୀ ଗ୍ରହ ଖୋଜିବାରେ ସହାୟକ ହେଉଛି ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟଟି ପଢ଼ି ସାରିବା ପରେ ତୁମେ:

- *ସରଳ ଏବଂ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ;*
- *ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରିପାରିବ;*
- *ରେଖୀୟ ଏବଂ କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କରିପାରିବ;*
- *ପ୍ରତିଫଳିତ ଏବଂ ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର କାର୍ଯ୍ୟପଦ୍ଧତିକୁ ବୁଝାଇ ପାରିବ; ଏବଂ*
- *ଚକ୍ଷୁ, ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଏବଂ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ହିସାବ କରିପାରିବ ।*

23.1 ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ

ଅଧ୍ୟାୟ - 20 ରେ ତୁମେ ଲେନ୍ସ ଏବଂ ଦର୍ପଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଗଠନ ବିଷୟରେ ପଢ଼ିଅଛ । ଯଦି ତୁମେ

ଏକ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସ ନେବ ଏବଂ ଏହାକୁ ଏହି ପୃଷ୍ଠା ଉପରେ କିଛି ଦୂରତାରେ ଧରି ରଖି, ତେବେ ଅକ୍ଷର / ଶବ୍ଦ ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦେଖିବ । ଯଦି ତୁମେ ଲେନ୍‌ସକୁ ଏହି ପୃଷ୍ଠାର ପାଖକୁ ପାଖକୁ ଆଣିବ ତେବେ ଏହା ଉପରେ ଛପା ଅକ୍ଷରଗୁଡ଼ିକୁ ବଡ଼ ହୋଇଯିବା ଦେଖିବ । ଏପରି ହେବାର କାରଣ ହେଉଛି, ଲେନ୍‌ସ ଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ବର୍ଦ୍ଧିତ, ଆଭାସୀ ଏବଂ ସଳଖ ପ୍ରତିବମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଏହା ଏକ ବର୍ଦ୍ଧନ କାଚ ବା ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ତୁମେ ଦେଖିଥିବ, ଜଣେ ଡାକ୍ତର ଛୋଟ ପିଲାର ଶରୀରରେ ମିଳିମିଳା ରୋଗକୁ ଯାଞ୍ଚ କଲାବେଳେ କିମ୍ବା ଜଣେ ଦନ୍ତ ଚିକିତ୍ସକ ଏକ ରୋଗୀର ଦାନ୍ତରେ ହୋଇଥିବା ଗର୍ତ୍ତକୁ ପରୀକ୍ଷା କରିବା ପାଇଁ ଲେନ୍‌ସର ଉପଯୋଗ କରିଥାଏ । ଘଣ୍ଟା ମରାମତି କରୁଥିବା କରୁଥିବା ବ୍ୟକ୍ତି ଘଣ୍ଟାର ଛୋଟ ଅଂଶକୁ ଦେଖିବାକୁ ଏବଂ ବଣିଆମାନେ ଗହଣାରେ ସୂକ୍ଷ୍ମ କାରୁକାର୍ଯ୍ୟକୁ ଦେଖିବାକୁ ଲେନସ ସାହାଯ୍ୟରେ ବର୍ଦ୍ଧନ କରିବାକୁ ଉପଯୋଗ କରନ୍ତି ।

ତୁମେ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସ ନିଅ ଏବଂ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ସୂର୍ଯ୍ୟାଲୋକକୁ କାଗଜ ଉପରେ ଫୋକ୍‌ସ କର । ତୁମେ ଦେଖିବ କିଛି ସମୟ ପରେ କାଗଜ ଖଣ୍ଡଟି ଜଳିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରିବ । ତେଣୁ ଉତ୍ତଳଲେନସ୍ ନିଆଁ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ । ସେଇଥିପାଇଁ ଜଙ୍ଗଲରେ ଖାଲି କାଚ ବୋତଲକୁ ରଖିବା ବିପଜ୍ଜନକ । କାଚ ବୋତଲ ଉପରେ ସୂର୍ଯ୍ୟାଲୋକ ପଡ଼ି ଜଙ୍ଗଲରେ ଥିବା ଶୁଖିଲା ପତ୍ର ଉପରେ ଫୋକସ୍ ହେଲେ ନିଆଁ ଲାଗିପାରେ । ସମୟେ ସମୟେ ଏହା ଫଳରେ ଜଙ୍ଗଲରେ ନିଆଁ ଲାଗିଯାଇ ଜଙ୍ଗଲର ତଥା ସ୍ଥାନୀୟ ଲୋକଙ୍କର ଅଶେଷ କ୍ଷୟକ୍ଷତି କରିଥାଏ । ଏହିଭଳି ନିଆଁ ସାଧାରଣତଃ ଅଧିକାଂଶ ସମୟରେ ଅଷ୍ଟ୍ରେଲିଆ, ଇଣ୍ଡୋନେସିଆ ଏବଂ ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାରେ ଦେଖାଯାଇଥାଏ ।

ପାଖରେ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ମୂଳ ଆକାର ପ୍ରାୟ କୋଡ଼ିଏ ଗୁଣା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବର୍ଦ୍ଧନ କରିବା ପାଇଁ ସରଳ ଅଣୁବିକ୍ଷଣ ରୂପରେ ଏକ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସର ଅଧିକ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାଇଁ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହା ବସ୍ତୁତଃ ଦୁଇଟି ଲେନ୍‌ସର ସଂଯୋଜନ ଅଟେ । ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ବିଜ୍ଞାନଗାରରେ ଗତିକ୍ଷମ – ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଏବଂ ସ୍ପେକ୍‌ଟୋମିଟର ସହ ଲାଗିଥିବା ଭର୍ନିୟର ସ୍କେଲକୁ ପଢ଼ିବାରେ ବର୍ଦ୍ଧନ ଲେନ୍‌ସର ଉପଯୋଗ ହୁଏ ।

ସରଳ ଏବଂ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ବିଷୟରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ସମୟରେ ଆମେ କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦ ଯଥା : (i) ନିକଟ ବିନ୍ଦୁ (ii) ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା (iii) କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ କିମ୍ବା ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର (iv) ସାଧାରଣ ସମାଯୋଜନ ଇତ୍ୟାଦି ସଂପର୍କରେ ଆସୁ । ଆସ ପ୍ରଥମେ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ସଂଜ୍ଞାକୃତ କରିବା ।

(i) ନିକଟ ବିନ୍ଦୁ ଚକ୍ଷୁଠାରୁ ଯେଉଁ ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ବସ୍ତୁ ରହିଲେ ତାହାର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଚକ୍ଷୁ ଲେନ୍‌ସ ଦ୍ୱାରା ରେଟିନା ବା ମୁକୁରିକା ଉପର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତାହାକୁ ଚକ୍ଷୁର **ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା** କୁହାଯାଏ । ନିକଟ ବିନ୍ଦୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବ୍ୟକ୍ତି ପାଇଁ ସମାନ ନୁହେଁ ଏବଂ ଏହା ବ୍ୟକ୍ତିର ବୟସ ସହ ବଦଳି ଥାଏ । କମ୍ ବୟସ, (ମନେକର 10 ବର୍ଷରୁ କମ୍) ହେଲେ ନିକଟ ବିନ୍ଦୁ ପାଖରେ ପ୍ରାୟ 7 - 8cm ହୋଇପାରେ । ବୃଦ୍ଧାବସ୍ଥାରେ ନିକଟ ବିନ୍ଦୁ ଅଧିକ ଦୂର 100 - 200cm କିମ୍ବା ଏହା ଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇପାରେ । ଏଥିପାଇଁ ଛୋଟ ପିଲାମାନେ ସେମାନଙ୍କର ପୁସ୍ତକକୁ ପଢ଼ିବା ପାଇଁ ଚକ୍ଷୁ ନିକଟରେ ରଖିଥାଆନ୍ତି ଅଥଚ ବୃଦ୍ଧ ଲୋକମାନେ ପୁସ୍ତକ କିମ୍ବା ସମାଚାର ପତ୍ର ପଢ଼ିବା ପାଇଁ ଚକ୍ଷୁକୁ ଦୂରରେ ରଖନ୍ତି ।

(ii) **ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା** – ଯେଉଁ ନିକଟତମ ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମାନବ ଚକ୍ଷୁ ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ବିନା କଷ୍ଟରେ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦେଖିପାରେ, ତାହାକୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା କହନ୍ତି । ସାଧାରଣ ମାନବ ଚକ୍ଷୁ ଏହି ଦୂରତା 25cm ନିଆଯାଏ ।

(iii) **କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ** – ଏକ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତିବିମ୍ବ (ଅଣୁବିକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ଦେଖୁଥିବା ବେଳେ) ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁ ଉପରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଏବଂ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସ୍ଥିତ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଖାଲି ଆଖିରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣର ଅନୁପାତକୁ **କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ** କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧକ ପାୱାର ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

(iv) **ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ :** ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ହେଲେ, ମୁକୁରିକା ଉପରେ ଫୋକସ୍ କରିବା ପାଇଁ ଆଖିରେ ନ୍ୟୁନତମ ଚାପ ପଡ଼େ । ତାହାକୁ ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ କୁହାଯାଏ ।

(v) **ରେଖିୟ ବର୍ଦ୍ଧନ :** ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଓ ବସ୍ତୁର ଆକାରର ଅନୁପାତକୁ ରେଖୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ କୁହାଯାଏ ।

(vi) **ଦର୍ଶନ କୋଣ :** ଏକ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ମାନବର ଚକ୍ଷୁ ଉପରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣକୁ ଦର୍ଶନ କୋଣ କୁହାଯାଏ ।

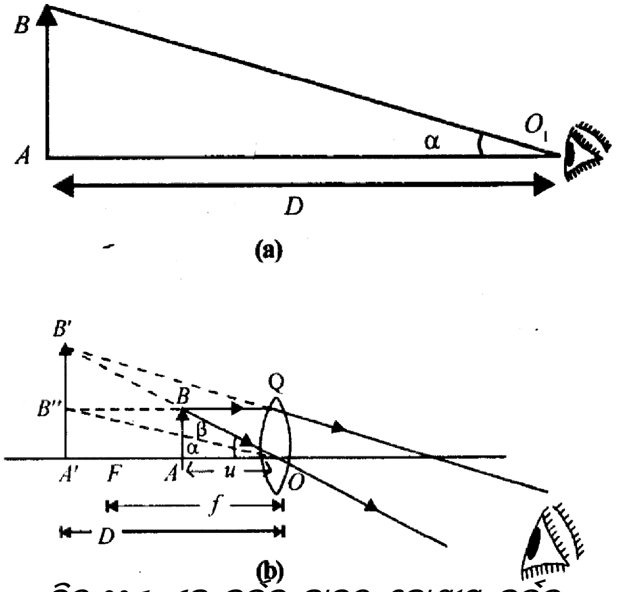
23.1.1 ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ (Simple Microscope)

କମ୍ ଫୋକସ ଦୂରତାର ଏକ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍ସକୁ ଛୋଟ ବସ୍ତୁର ବର୍ଦ୍ଧିତ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦେଖିବା ପାଇଁ ଉପଯୋଗ କଲେ ତାହାକୁ ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ କହନ୍ତି ।

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ, ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍ସର ଫୋକସ୍ ଏବଂ ଆଲୋକ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରଖିଲେ ଏହାର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଆଭାସୀ, ସଳଖ, ବର୍ଦ୍ଧିତ ଏବଂ ବସ୍ତୁ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ଲେନ୍ସକୁ ଚକ୍ଷୁ ନିକଟରେ ରଖି ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତିକୁ ଏ ପ୍ରକାର ସମାୟୋଜନ କରାଯାଏ କି ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଚିତ୍ର 23.1 ରେ ଏହାର ସଚିତ୍ର ଉଦାହରଣ ଦିଆଯାଇଛି, ଏଠାରେ F ଏବଂ O ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବସ୍ତୁ AB ରଖାଯାଇଛି । ଏହାର ଆଭାସୀ ପ୍ରତିବିମ୍ବ $A'B'$ ବସ୍ତୁ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତିକୁ ଏଭଳି ସମାୟୋଜିତ କାରାଯାଇଥାଏ ଯେ କି ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା (D)ରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ

ଉଭୟ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା ବା ନିକଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଥିଲା ବେଳେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଏବଂ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣର ଅନୁପାତକୁ ଏକ ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି ଏବଂ M ଦ୍ୱାରା ଏହାକୁ ସୂଚାଯାଏ ।



ଚିତ୍ର 23.1 ଏକ ବର୍ଦ୍ଧନ କାଚର କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ

ଚିତ୍ର 23.1(a) ଏବଂ (b) ରେ ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ $M = \frac{\angle A'OB'}{AO'B} = \frac{\beta}{\alpha}$ ।

ବ୍ୟାବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗରେ, କୋଣ a ଏବଂ b ଅତିକ୍ଷୁଦ୍ର ।

ତେଣୁ ସେମନାଙ୍କୁ ଏହାର tan ଭାବେ ନିଆଯାଇପାରେ । ଅର୍ଥାତ୍ $M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$ (23.1)

$A'OB'$ ଏବଂ AOB ତ୍ରିଭୁଜମାନଙ୍କରୁ, ଆମେ ଲେଖିପାରିବା $\tan b = \frac{A'B'}{A'O} = \frac{A'B'}{D}$

ଏବଂ $\tan a = \frac{A'B'}{AO} = \frac{AB}{D}$ । ସମୀକରଣ 23.1 ରେ tanb ଏବଂ tana ର ମାନ ସ୍ଥାପନ କଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$M = \frac{A'B'}{D} / \frac{AB}{D} = \frac{A'B'}{AB}$$

ଯେହେତୁ ଚିତ୍ର 23.1 (b) ରେ Ds AOB ଏବଂ $A'OB'$ ସଦୃଶ ହେତୁ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'O}{AO} \qquad (23.2)$$

ମାନବ ସଂକେତ ପ୍ରଥା ଅନୁସାରେ, ଆମେ ପାଇଲୁ $A'O = -D$ ଏବଂ $A'O = -u$

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (23.2) ରୁ ପାଇବା, $\frac{A'B'}{AB} = \frac{D}{u}$ (23.3)

ଯଦି ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ଲେନ୍‌ସର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା f ହୁଏ, ତେବେ ଲେନ୍‌ସ ସୂତ୍ର $\left(\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}\right)$ କୁ ଉପଯୋଗ କରି ଏବଂ $v = -D$, $u = -u$ ଓ $f = f$ ଲେଖିଲେ ପାଇବା,

$$\frac{1}{-D} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{f} \quad \text{କିମ୍ବା} \quad -\frac{1}{D} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

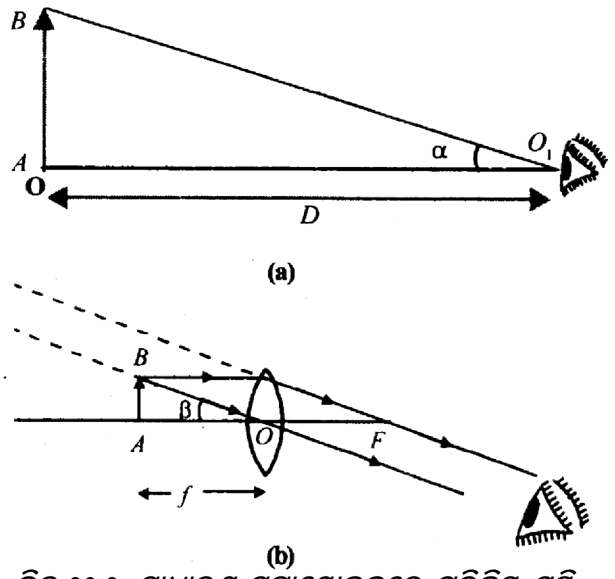
ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ D ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନକଲେ ଏବଂ ପଦମାନଙ୍କୁ ସଜାଇଲେ ତୁମେ ପାଇବ,

$$\frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f} \qquad (23.4)$$

ସମୀକରଣ (23.3) ଏବଂ (23.4) କୁ ମିଶାଇ, ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{A'B'}{AB} = 1 + \frac{D}{f} \quad \text{କିମ୍ବା} \quad M = 1 + \frac{D}{f} \qquad (23.5)$$

ଏହି ପରିଣାମରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛିକି ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ଯେତେ କମ୍ ହେବ, ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର କୋଣୀୟ କିମ୍ବା ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ସେତେ ଅଧିକ ହେବ ।



ଚିତ୍ର 23.2 ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି

ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ :(Normal Adjustment)

ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ, ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଛି । ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଏବଂ ଖାଲି ଚକ୍ଷୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କୋଣର ଅନୁପାତକୁ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର କୁହାଯାଏ । ଚିତ୍ର 23.1(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଦର୍ଶନର ନ୍ୟୁନତମ ଦୂରତା (D) ରେ ବସ୍ତୁଟି ରଖାଯାଇଥାଏ ।

ଖାଲି ଚକ୍ଷୁରେ ବସ୍ତୁର ଏବଂ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଯଥାକ୍ରମେ a ଓ b । ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାରର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ କୋଣ a ଓ b ଖୁବ୍ କମ୍ ଅଟେ, ତେଣୁ ପୂର୍ବପରି ଏହା ସ୍ଥାନରେ ଆମେ ତାଙ୍କର tana ଓ tanb ଲେଖି ପାରିବା । ତେଣୁ,

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{AB}{AO} / \frac{AB}{AO_1} = \frac{AO_1}{AO} = \frac{D}{f}$$

$$\text{କିମ୍ବା } M = \frac{D}{f} \qquad (23.6)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବକୁ ଦେଖିବା ଅଧିକ ସୁବିଧାଜନକ । ତୁମର ଧାରଣାଗୁଡ଼ିକ ସ୍ପଷ୍ଟ କରିବା ପାଇଁ, ଆମେ ଏକ ଉଦାହରଣ ଦେଉଛୁ । ଏହାକୁ ଧ୍ୟାନର ସହ ପଢ଼ ।

ଉଦାହରଣ 23.1 : ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 2.5cm ଥିବା ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ଏକ ସରଳ ଅଣୁବିକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା ସମୀକରଣ (23.5) ଅନୁସାରେ,

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

ଏଠାରେ D = 25cm ଏବଂ f = 2.5cm ସ୍ଥାପନ କଲେ ପାଇବା,

$$M = 1 + \frac{25}{2.5} = 1 + 10 = 11$$

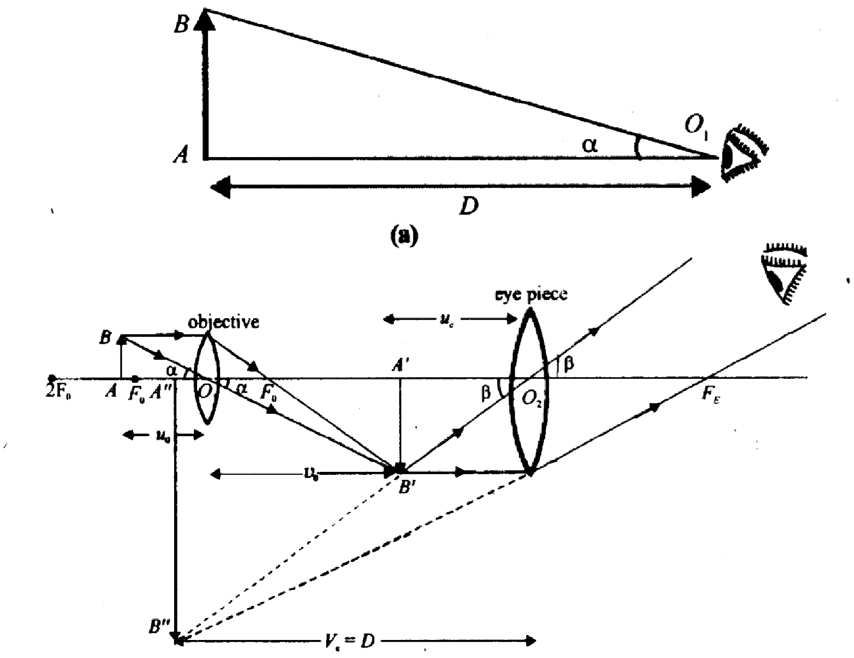
23.1.2 ସଂଯୁକ୍ତ ବା ଜଟିଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ (Compound Microscope)

ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣରେ ଦୁଇଟି ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍ସ ଥାଏ । କମ୍ ଦ୍ୱାରକ ଏବଂ କମ୍ ଫୋକସ୍ ଦୂରତାର ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍ସ ବସ୍ତୁ ଆଡ଼କୁ ଥାଏ ଏବଂ ତାହାକୁ ଅଭିଦୃଶକ (objective) କୁହାଯାଏ । ଫୋକସ୍ ଦୂରତା କମ୍ କିନ୍ତୁ ବଡ଼ ଦ୍ୱାରକ ଥିବା ଅନ୍ୟ ଏକ ଲେନ୍ସ ଚକ୍ଷୁ ଆଡ଼କୁ ଥାଏ । ତାହାକୁ ନେତ୍ରିକା (eyepiece) କୁହାଯାଏ । ଅଭିଦୃଶକ ଏବଂ ନେତ୍ରିକାକୁ ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସମଅକ୍ଷରେ ରଖାଯାଏ ।

ବସ୍ତୁକୁ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର F ଏବଂ $2F$ ମଧ୍ୟରେ ରଖିଲେ, ଅଭିଦୃଶକର ଅନ୍ୟ ପଟରେ $2F$ ରେ ଏକ ବାସ୍ତବ, ଓଲଟା ଓ ବର୍ଦ୍ଧିତ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରତିବିମ୍ବ ନେତ୍ରିକା ପାଇଁ ବସ୍ତୁ ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଏବଂ ନେତ୍ରିକା ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ନେତ୍ରିକାକୁ ଏଭଳି ସମାୟୋଜିତ କରାଯାଏ କି ପ୍ରତିବିମ୍ବ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଏବଂ ଆଲୋକ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରହି ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ଚକ୍ଷୁ ଲେନ୍ସର ବର୍ଦ୍ଧିତ ପ୍ରତିବିମ୍ବକୁ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା ଉଭୟ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ଥାଇ ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁଠାରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଏବଂ ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଖାଲି ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଅନୁପାତକୁ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ M ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀତ କରାଯାଏ । ଚିତ୍ର 23.3 ରୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$



ଚିତ୍ର 23.3 ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣରେ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି

ଯେହେତୁ a ଓ b ଖୁବ୍ କମ୍ ପରିମାଣର କୋଣ, ଏଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାନରେ tan a ଓ tan b ଲେଖାଯାଇ ପାରେ । ତେଣୁ

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$M = \frac{A''B''}{D} / \frac{AB}{D} \quad Þ \quad M = \frac{A''B''}{AB} = \frac{A''B''}{A'B'} . \frac{A'B'}{AB}$$

ସଦୃଶ Ds $A''B''O_2$ ଏବଂ $A'B'O_2$ ଲେଖି ପାରିବା,

$$\frac{A''B''}{A'B'} = \frac{A''O_2}{A'O_2} = \frac{D}{u_c}$$

ସେହିପରି ସଦୃଶ Ds $A'B'O_1$ ଏବଂ ABO ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\upsilon_0}{u_0}$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ଯେ, $m_e = \frac{A''B''}{A'B'}$ ହେଉଛି ନେତ୍ରିକା ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ବର୍ଦ୍ଧନ ଏବଂ $m_0 = \frac{A'B'}{AB}$ ହେଉଛି ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ବର୍ଦ୍ଧନ ।

ତେଣୁ, $M = \frac{D}{u_c} \cdot \frac{v_0}{u_0} = m_e \times m_0$ (23.7)

ଅଧ୍ୟାୟ - 20 ରୁ ତୁମେ ଲେନ୍ସ ସୂତ୍ର ମନେ ପକାଇପାର । ନେତ୍ରିକା ପାଇଁ ଲେଖି ପାରିବା,

$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ v_e ଦ୍ୱାରା ଗୁଣିଲେ, ଆମେ ପାଇବା

$$\frac{v_e}{v_e} - \frac{v_e}{u_e} = \frac{v_e}{f_e} \quad Þ \quad \frac{v_e}{u_e} = 1 - \frac{v_e}{f_e}$$

f_e ପଜିଟିଭ ଏବଂ ପ୍ରଚଳିତ ସଂକେତ ପ୍ରଥା ଅନୁସାରେ $v_c = -D$, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$m_e = \frac{v_c}{u_e} = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad (23.8)$$

ଉଭୟ ସମୀକରଣ (23.7) ଏବଂ (23.8) ରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$M = \frac{v_0}{u_0} \times \left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବହୁତ କମ୍ ଅଟେ ଏବଂ ବସ୍ତୁ AB ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍‌ର ଠିକ୍ ପରେ ରଖାଯାଇଛି ।

[illegible] $u_0 \gg f_o$

ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ପ୍ରତିବିମ୍ବ $A'B'$ ର ଅଭିଦୃଶକଠାରୁ ଦୂରତା ପ୍ରାୟ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ନଳୀର ଲମ୍ବ (L)ସହ ପ୍ରାୟ ସମାନ ଅଟେ, ଅର୍ଥାତ୍

$$v_o \gg L$$

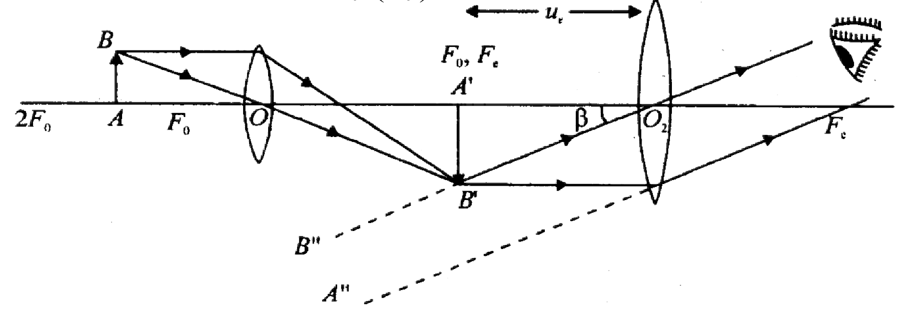
ତେଣୁ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାରକୁ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ପାରାମିଟର ଅନୁସାରେ ନିମ୍ନ ପ୍ରକାର ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ ।

$$M = \frac{L}{f_0} = \left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad (23.10)$$

ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନରେ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର :

ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ପୂର୍ବ ଆଲୋଚନା ଅନୁସାରେ, ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧକ ପାୱାରକୁ ନିମ୍ନ ପ୍ରକାରରେ ଲେଖି ପାରିବା ।

$$M = m_0 \times m_e = \frac{v_0}{u_0}\left(\frac{D}{f_e}\right)$$



ଚିତ୍ର 23.4 : ସାଧାରଣ ସମାୟେଜରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ

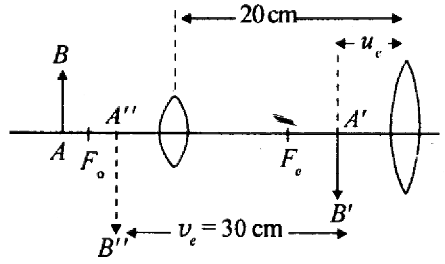
ଆସ ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୋଟିଏ ଗାଣିତିକ ପ୍ରଶ୍ନର ଉଦାହରଣ ଦେଖିବା ।

ଉଦାହରଣ 23.2 : ଏକ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 2cm ଅଟେ ଏବଂ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 5cm ଅଟେ । ଦୁଇ ଲେନ୍‌ସର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା 20cm ଅଟେ । ଯଦି ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ନେତ୍ରିକାର 30cm ଦୂରରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତାହା ହେଲେ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

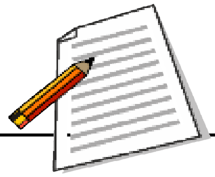
ସମାଧାନ : ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ପାଇଁ $f_o = 2\text{cm}$ ଏବଂ $f_e = 5\text{cm}$

ନେତ୍ରିକା ପାଇଁ $v_e = -30\text{cm}$ ଏବଂ $f_e = 5\text{cm}$

ଆମେ v_e ର ମାନ ନିମ୍ନ ସମୀକରଣରୁ ଜାଣି ପାରିବା ।



$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ସମାଧାନ କରି ତୁମେ ସହଜରେ ପାଇବ, $u_e = -\frac{30}{7}$ cm

ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ପାଇଁ $u_0 = 20 - \frac{30}{7} = \frac{110}{7}$ cm

ନିମ୍ନ ସୂତ୍ରକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି $\frac{1}{v_0} - \frac{1}{u_0} = \frac{1}{f_0}$

ଆମେ ପାଇବା, $\frac{1}{110/7} - \frac{1}{u_0} = \frac{1}{2}$ କିମ୍ବା $u_0 = -\frac{110}{48}$ cm

ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା, $m_0 = \frac{v_0}{u_0} = \frac{110/7}{-110/48} = -\frac{48}{7}$

ନେତ୍ରିକା ହେତୁ ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା, $m_0 = \frac{v_e}{u_e} = \frac{-30/1}{-30/7} = 7$

ତେଣୁ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ହେବ, $M = (m_0)\,(m_e) = \left(-\frac{48}{7}\right)(7) = -48$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 23.1

1.(i) ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଏବଂ (ii) ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରକୃତି କିପରି ଅଟେ ?

....

2. ବର୍ଦ୍ଧନ ଏବଂ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

....

3. ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା 11 ଅଟେ । ଏହାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା କେତେ ?

....

4. ତୁମ ପାଖରେ 100 cm ଏବଂ 4 cm ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍ସ ଅଛି । ତେବେ କେଉଁଟିକୁ ତୁମେ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ନେତ୍ରିକା ରୂପେ ବାଛିବ ଏବଂ କାହିଁକି ?

....

5. ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ଉଭୟ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଏବଂ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା କାହିଁକି କମ୍ ହୁଏ ?

....

23.2 ଦୂରବୀକ୍ଷଣ (Telescope)

ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୂରସ୍ଥ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଯଥା ଅକାଶୀୟ ଏବଂ ଭୂପୃଷ୍ଠ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଦେଖି ପାରୁ । ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ବସ୍ତୁ ଖାଲି ଆଖିରେ ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ । ଦୂରସ୍ଥ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଦର୍ଶନ କୋଣ ଏତେ ଛୋଟ ଯେ ଆମେ ବସ୍ତୁକୁ ଜାଣି ପାରିବା ନାହିଁ । ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା

ଟିପ୍ପଣୀ

ଦର୍ଶନ କୋଣ ବଢ଼ିଯାଏ ଏବଂ ପ୍ରତିବିମ୍ବକୁ ଚକ୍ଷୁ ନିକଟକୁ ନେଇ ଆସେ । ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ : ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ (refracting telescope) ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ (reflective telescope) ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ବର୍ତ୍ତମାନ । ଏହା ଉପରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

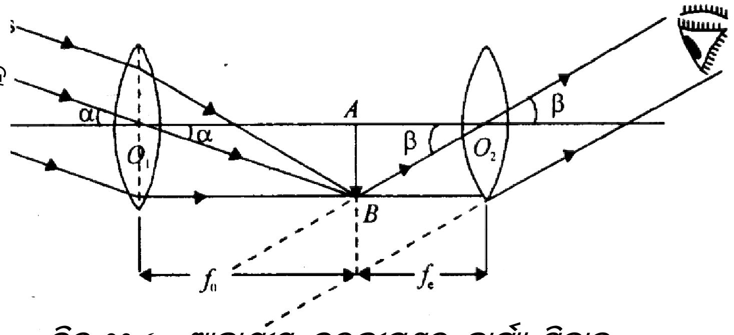
23.2.1 ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ

ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ।

ı **ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ :** ଏହା ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ କିମ୍ବା ଆକାଶୀୟ ପିଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକୁ ଦେଖିବାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ı **ପାର୍ଥିବ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ :** ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଦେଖାଯାଏ । ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ଏକ ସଳଖ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦେଖିବା ଦରକାର । ଗାଲିଲିଓଙ୍କ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀପୃଷ୍ଠରେ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ପଷ୍ଟଭାବରେ ଦେଖିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଆଭାସୀ ଓ ସଳଖ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଆକାଶୀୟ ପିଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ଗୋଲ ହୋଇଥିବାରୁ ଏଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଓଲଟା ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଦେଖିବାରେ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ନାହିଁ । ଏହି ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଦୁଇଟି ଲେନ୍ସକୁ ନେଇ ଗଠିତ । ବସ୍ତୁ ଆଡ଼କୁ ଥିବା ଲେନ୍ସର ଦ୍ୱାରକ ବଡ଼ ଏବଂ ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ମଧ୍ୟ ଅଧିକ । ଏହାକୁ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ କହନ୍ତି । ଚକ୍ଷୁ ଆଡ଼କୁ ଥିବା ଅନ୍ୟ ଲେନସ୍‌କୁ ନେତ୍ରିକା କହନ୍ତି । Gj ûe \ ûeK ùQûU I ù` ûKi þ ieZû (f_0) ଖୁବ୍ କମ୍ ଅଟେ । ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଏବଂ ନେତ୍ରିକାକୁ ଧାତୁର ଦୁଇଟି ସମାକ୍ଷ ନଳୀରେ ଖଂଜା ଯାଇଥାଏ ।



ଚିତ୍ର 23.6 : ଆକାଶୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର କାର୍ଯ୍ୟ-ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦୂରସ୍ଥର ନିଜର ଫୋକସ୍ ସମତଳରେ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ବସ୍ତୁର ଏକ ବାସ୍ତବ ଏବଂ ଓଲଟା ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଗଠନ କରେ । ନେତ୍ରିକାକୁ ଆଗପଛ କରି ଏହି ପ୍ରକାରରେ ସମାୟୋଜନ କରାଯାଏ ଯେ, ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । (ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ କୁହାଯାଏ) । ନେତ୍ରିକାର ଅବସ୍ଥିତିକୁ ଏଭଳି ସମୟୋଜିତ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

(a) **ଯେତେବେଳେ ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ** (ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ) ଆକାଶୀୟ ପିଣ୍ଡରୁ ଆସୁଥିବା ଉପାକ୍ଷୀୟ ରଶ୍ମି ସମୂହ ପରସ୍ପରର ସମାନ୍ତର ଏବଂ ମୁଖ୍ୟ ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି a (ଆଲ୍‌ଫା) କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

ଏହି ରଶ୍ମି ସମୂହ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦେଇ ଗଲାପରେ, ଏହାର ଫୋକାଲ୍ ସମତଳରେ ଏକ ବାସ୍ତବ ଓ ଓଲଟା ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟିକରେ । ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ, ନେତ୍ରିକାର ସ୍ଥିତିକୁ ଏଭଳି ସମାୟୋଜନ କରାଯାଏ ଯେ, ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର : ଉଭୟ ବସ୍ତୁ ଏବଂ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ଥାଇ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଦେଖିଲା ବେଳେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁଠାରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଓ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଅଭିଦୃଶ୍ୟକରେ ସୃଷ୍ଟି କୋଣର ଅନୁପାତକୁ ଦରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ କ୍ଷମତା କୁହାଯାଏ ।ଏହାକୁ କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହାକୁ M ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଏ । ସଂଜ୍ଞାନୁସାରେ,

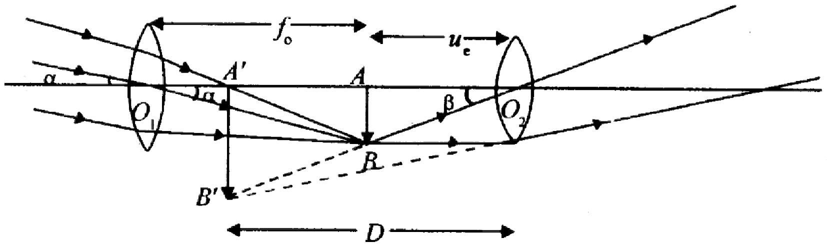
$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

ଯେହେତୁ a ଓ b ବହୁତ କମ୍, ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କ ସ୍ଥାନରେ ଏଗୁଡ଼ିକର tan a ଓ tan b ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ ।

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{AB / AO_2}{AB / AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2} = \frac{f_0}{f_e} \qquad (23.11)$$

ଏଥିରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ, ଯଦି ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ଅଧିକ ହୁଏ କିମ୍ବା ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନରେ ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ଅଧିକ ହେବ । ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ ପାଇଁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଲମ୍ବ (f_0+f_e) ।

(b) **ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଲେ,** ସୁଦୂର ଆକାଶୀୟ ପିଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରୁ ଆସୁଥିବା ଉପାକ୍ଷୀୟ ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ମୁଖ୍ୟ ଅକ୍ଷ ସହ a କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦେଇ ବାହାରି ଗଲା ପରେ ଏହି ରଶ୍ମିସମୂହ ଏହାର ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ମିଳିତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଏକ ବାସ୍ତବ ଏବଂ ଓଲଟା ପ୍ରତିବିମ୍ବ AB ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ନେତ୍ରିକାର ସ୍ଥିତିକୁ ଏପରି ସମାୟୋଜନ କରାଯାଏ ଯେ, ଏହାର ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ।



ଚିତ୍ର 23.7 : D ଦୂରତାରେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାର ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ

ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର : ଏହି D ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଏବଂ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରେ ଥିବା ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣର ଅନୁପାତ ହେଉଛି ଏହାର ସଂଜ୍ଞା ।

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \gg \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{AB / AO_2}{AB / AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2} = \frac{f_0}{u_e} \qquad (23.12)$$

ଯେହେତୁ ନେତ୍ରିକା ପାଇଁ $\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_c} = \frac{1}{f_e}$ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$\frac{1}{u_c} = \frac{1}{v_e} - \frac{1}{f_e} = -\frac{1}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{v_c}\right)$$

କିମ୍ବା $M = \dfrac{f_0}{u_c} = -\dfrac{f_0}{f_e}\left(1 - \dfrac{f_e}{v_e}\right)$ (23.13)

ନୂଆ କାର୍ଟେସିଆନ ସଂକେତ ପ୍ରଥାନୁସାରେ $f_0 = +f_0,\ v_e = -D, f_e = +f_e$

ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା $M = -\dfrac{f_0}{f_e}\left(1 + \dfrac{f_e}{D}\right)$ (23.14)

ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାରର ନେଗେଟିଭ ସଂକେତରୁ ଜଣାଯିବ ଯେ ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଓଲଟା ଓ ବାସ୍ତବ ହେବ । ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ବ୍ୟଞ୍ଜକରୁ ଜାଣୁଛୁ ଯେ, ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସମାୟୋଜନରେ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର, ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ।

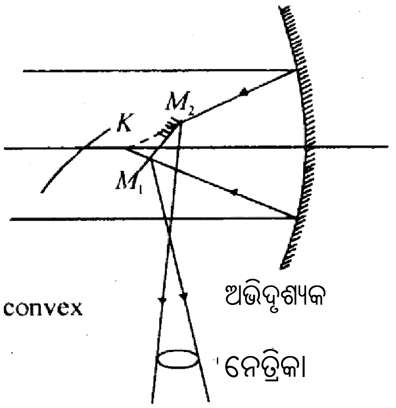
ଉଦାହରଣ 23.3 : ଏକ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଓ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ଯଥାକ୍ରମେ 75cm ଓ 5 cm ଅଟେ । ଯଦି ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତାରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତେବେ ଦୂରବୀଣକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ: ଏଠାରେ f_0=75cm, f_e= 5cm, D = 25 cm

$$M = -\frac{f_0}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right) = \frac{-75}{5}\left(1+\frac{5}{25}\right) = -18$$

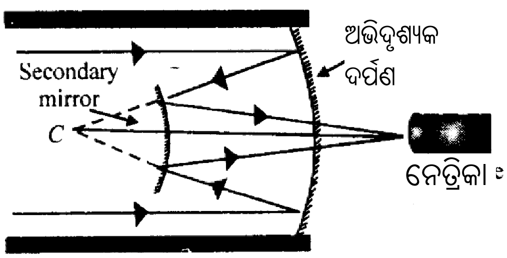
23.2.2 ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ

ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣକୁ ଦୂରରେ ଥିବା ତାରାଗୁଡ଼ିକୁ ଦେଖିବା ପାଇଁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ସୁଦୂର ଅନ୍ତରୀକ୍ଷରେ ଥିବା ଏକ କ୍ଷୀଣପ୍ରଭ ତାରକାର ମଧ ଦୀପ୍ତ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରିବାକୁ ଏହାର ଆଲୋକ ସଂଗ୍ରହ ପାୱାର ଅଧିକ ଅଟେ । ଅଧିକ ଦ୍ୱାରକବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ ଅଧିକ ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଅବତଳ ଦର୍ପଣରେ ଏହାର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅବତଳ ଦର୍ପଣ, ପାରାବୋଲିକ ଆକୃତିର ହୋଇଥିବାରୁ, ଏଥିରେ ବର୍ତ୍ତୁଳାକୃତି ବିପଥନ ରହେ ନାହିଁ ।

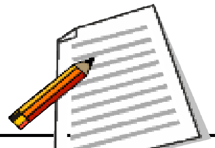


ଚିତ୍ର 23.8 : ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ପରାବର୍ତ୍ତକ

ପ୍ରତିଫଳିତ ରଶ୍ମି ମିଳିତ ହୋଇ ଅବତଳ ଦର୍ପଣର ଫୋକାଲ ସମତଳରେ ଏକ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ତାରକାର ବାସ୍ତବ, ଓଲଟା ଏବଂ ସଂକୁଚିତ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପୂର୍ବରୁ ସେମାନଙ୍କୁ ଅବତଳ ଦର୍ପଣର ମୁଖ୍ୟ ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି 45^0 କୋଣ କରିଥିବା ଏକ ସମତଳ ଦର୍ପଣ M_1, M_2 ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ କରାଯାଏ । ଏହି ସମତଳ ଦର୍ପଣ ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକୁ ବିଚଳିତ କରି ନେତ୍ରିକା ସମ୍ମୁଖରେ



ଚିତ୍ର 23.9 : କାସେଗ୍ରେନ୍‌ଙ୍କ ପରାବର୍ତ୍ତକ



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏକ ବାସ୍ତବ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ନେତ୍ରିକାର ଅବତଳ ଦର୍ପଣର ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି ସମକୋଣ କରିଥାଏ । ନେତ୍ରିକାର ତାରାର ବର୍ଦ୍ଧିତ ଓ ଆଭାସୀ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରେ, ଯାହାକୁ ଆମର ଚକ୍ଷୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ଦେଖିପାରେ ।

ଯଦି ଅବତଳ ଦର୍ପଣର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା f_0 ଏବଂ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା f_e ହୁଏ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ହେବ,

$$M = \frac{f_0}{f_e}$$

ପୁନଶ୍ଚ ଯଦି ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ବ୍ୟାସ D ଏବଂ ଚକ୍ଷୁର ନେତ୍ରପିତୁଳା ବ୍ୟାସ d ହୁଏ, ତେବେ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତାର ଅନୁପାତ ହେବ,

$$B = \frac{D^2}{d^2}$$

ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରର ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣକୁ ଚିତ୍ର 23.9 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହାକୁ କାସେଗ୍ରେନ୍ ଡିଜାଇନ କରିଥିଲେ । ଏଥିରେ, ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଏକ ଛୋଟ ରନ୍ଧ୍ର ଥାଏ । ଦୂରସ୍ଥ ତାରାରୁ ଆସୁଥିବା ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ଅବତଳ ଦର୍ପଣରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେବା ପରେ ଏକ ଉତ୍ତଳ ଦର୍ପଣ ଦ୍ୱାରା ଅବରୋଧ କରାଯାଏ ଏବଂ ଅନ୍ତିମ ପ୍ରତିବିମ୍ବକୁ ନେତ୍ରିକା ଦ୍ୱାରା ଦେଖାଯାଏ ।

ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ତୁଳନାରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର କେତେକ ସୁବିଧା ଅଛି ।

1 ଯେହେତୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଲେନସ୍ ନୁହେଁ ତେଣୁ ଏହାର ବର୍ଣ୍ଣ ବିପଥନ ହେବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ତାରାଗୁଡ଼ିକରୁ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପହଞ୍ଚୁଥିବା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବର୍ଣ୍ଣର ରଶ୍ମି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଫୋକସ୍ ହୁଏ ।

1 ଯେହେତୁ ଅବତଳ ଦର୍ପଣ ପାରାବୋଲିକ ଅଟେ, ଏଥିରେ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବିପଥନ ହୁଏ ନାହିଁ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ୱାରା ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

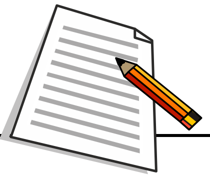
1 ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଦ୍ୱାରକ ବଡ଼ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର ଆଲୋକ ସଂଗ୍ରହ ପାୱାର ଅଧିକ ହେବ । ତେଣୁ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷୀଣ ତାରକାକୁ ମଧ୍ୟ ଦେଖି ହେବ । ପ୍ରତିବିମ୍ବର ତୀବ୍ରତା ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।

$$B \text{ a } \frac{\pi D^2}{4}$$

ଏଠାରେ D ହେଉଛି ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ବ୍ୟାସ । ଯଦି d ଚକ୍ଷୁ ନେତ୍ରପିତୁଳାର ବ୍ୟାସ ହୁଏ, ତେବେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତା B ର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି ଦୂରସ୍ଥ ବସ୍ତୁର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦ୍ୱାରା ଠୁଳ ହୋଇଥିବା ଆଲୋକ ଏବଂ ଚକ୍ଷୁ ଦ୍ୱାରା ଠୁଳ ହୋଇଥିବା ଆଲୋକର ମାନର ଅନୁପାତ ।

$$B = \frac{\pi D^2/4}{\pi d^2/4} = \frac{D^2}{d^2}$$

1 ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଆଲୋକର ଅବଶୋଷଣ ନଗଣ୍ୟ ଅଟେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବଡ଼ ଦ୍ୱାରକ ହେତୁ ଆମେ ସୁଦୂର ତାରାଗୁଡ଼ିକର ସୂକ୍ଷ୍ମ ବିବରଣୀ ଦେଖି ପାରିବା ଏବଂ ଗଭୀର ଅନ୍ତରୀକ୍ଷକୁ ମଧ୍ୟ ଅନ୍ୱେଷଣ କରି ପାରିବା । ଏହି କାରଣରୁ ବିଗତ ବର୍ଷ ମାନଙ୍କରେ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀମାନେ କେତେ ନୂଆ ତାରାଗୁଡ଼ିକୁ ଏବଂ ତାରକୀୟ ତନ୍ତ୍ର ଆବିଷ୍କାର କରିଛନ୍ତି । ଏହି ପ୍ରକାର ଆବିଷ୍କାରଗୁଡ଼ିକର ବିବରଣୀ ବିଷୟରେ ତୁମେ ବିଜ୍ଞାନ ପତ୍ରିକାରୁ ଏବଂ ଦୈନିକ ସମାଚାର ପତ୍ରରୁ ପଢ଼ିବା ଉଚିତ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 23.2

1. ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର କିପରି ପ୍ରଭାବିତ ହେବ,

   (a) ଯଦି ଅଭିଦୃଶକରେ ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ ।

   ....

   (b) ଯଦି ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ ଦୂରତା ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ ?

   ....

2. ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଏବଂ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ ଦୂରତା ଯଥାକ୍ରମେ 50 cm ଏବଂ 2 cm ଅଟେ । ଏହାର ବର୍ଦ୍ଧନ କେତେ ?

   ....

3. ପ୍ରତିଫଳିତ ଏବଂ ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଲେଖ ।

   ....

4. ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ କ'ଣ ?

   ....

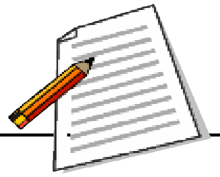
5. ଯଦି ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣକୁ ଓଲଟାଇ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଏହା ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ କି ?

   ....

23.3 ବିଭେଦନ ପାୱାର : ରାଲେଙ୍କ ମାନଦଣ୍ଡ

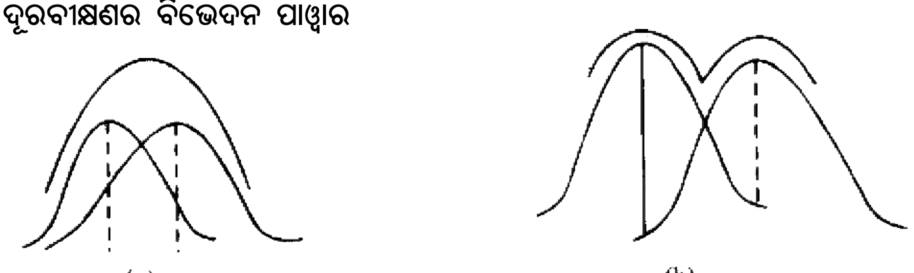
(Resolving Power : The Reayleigh's Criterion)

ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟମାନଙ୍କରେ ତୁମେ ଦେଖିଛ ଯେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏହାର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାର ଅଛି ଏବଂ ଏହାକୁ ଏକ ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପ ଘେରି ଥାଏ । ତେଣୁ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଉତ୍ସ ପରସ୍ପର ପାଖାପାଖି ରହିଲେ, ଦୁଇ ଉତ୍ସମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପ ପରସ୍ପରକୁ ଏବଂ ଖାଲି ଚକ୍ଷୁରେ ଏହି ଦୁଇଟିକୁ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଭାବରେ ଅଲଗା ଅଲଗା ଦେଖିବା କଷ୍ଟକର ହୋଇଥାଏ । ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତିବିମ୍ବଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଭାବରେ ଅଲଗା ଅଲଗା କରିବାର ଦକ୍ଷତାକୁ ଏକ ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରର ବିଭେଦନ ପାୱାର କୁହାଯାଏ । ରାଲେ ମତ ଦେଇଥିଲେ ଯେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ହେତୁ ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପର ପ୍ରଥମ ଶୀର୍ଷିକା ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁର ବିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତିରୂପର କେନ୍ଦ୍ରୀ ଦ୍ରୋଣୀ ଉପରେ ପଡ଼ିଲେ ଆମେ ବସ୍ତୁଦ୍ୱୟଙ୍କର ପ୍ରତିବିମ୍ବକୁ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଭାବରେ ଅଲଗା ଅଲଗା ଦେଖିପାରିବା । ଏହାକୁ ***ରାଲେଙ୍କ ମାନଦଣ୍ଡ*** କୁହାଯାଏ ।



ଯଦି ଆମେ ଧରିନେବା ଯେ ଆମର ଚକ୍ଷୁରେ ନେତ୍ରପିତୁଳାର ବ୍ୟାସ ପ୍ରାୟ 2 cm ତେବେ ଆମର ଚକ୍ଷୁଠାରେ ପ୍ରାୟ ଏକ ମିନିଟ୍‌ର ଚାପ ସୃଷ୍ଟି କଲେ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ଅଲଗା ଅଲଗା ଦେଖିହେବ । **ଏହି କୋଣର ବ୍ୟୁତ୍‌କ୍ରମକୁ ଚକ୍ଷୁର ବିଭେଦନ ପାୱାର କୁହାଯାଏ ।** ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ସାଧାରଣ ଆଲେକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରମାନଙ୍କ ବିଭେଦନ ପାୱାର ହିସାବ କରିବା । ଆମେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଆରମ୍ଭ କରିବା ।

23.3.1 ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର



ଚିତ୍ର 23.10 ବିଭେଦନ ପାଇଁ ରାଲେଙ୍କ ନୀତି

(a) କୋଣୀୟ ଅନ୍ତର θ ରୁ କମ୍ ହେଲେ, ଦୁଇଟିଯାକ ବିନ୍ଦୁ ହୋଇ ଗୋଟିଏ ମିଳିତ ଭଳି ଦେଖଯାଏ ।

(b) θ ଠାରୁ କୋଣୀୟ ଅନ୍ତର ଅଧିକ ହେଲେ, ଉଭୟ ବିନ୍ଦୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବେ ଅଲଗା - ଅଲଗା ଦେଖାଯିବେ ।

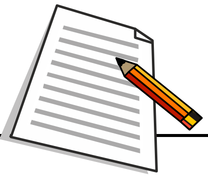
ଗୋଟିଏ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ହେଉଛି - ପରସ୍ପରର ଅତି ନିକଟରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଦୂରସ୍ଥ ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁର ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରିବାର ସାମର୍ଥ୍ୟ । ପାଖାପାଖି ଥିବା ଯେଉଁ ଦୁଇଟି ପୃଥକ୍ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଦେଖାଯାଏ, ସେମାନେ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା କୋଣ ଆଧାରରେ ଏହାକୁ ମପାଯାଏ । ଏହି କୋଣକୁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ସୀମା କୁହାଯାଏ । ଯଦି ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଏହି କୋଣଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ବିଭେଦନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ଏହି କୋଣ ଯେତେ କମ୍ ହେବ, ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ସେତିକି ଅଧିକ ହେବ । **ତେଣୁ ବିଭେଦନ ସୀମାର ବ୍ୟୁତ୍‌କ୍ରମରୁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ମିଳିଥାଏ ।**

ଯଦି ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ , ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ବ୍ୟାସ D ଏବଂ ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଅଭିଦୃଶ୍ୟକରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ θ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ସୀମା (ରାଲେଙ୍କ ମାନଦଣ୍ଡ) ଅନୁସାରେ

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

ତେଣୁ, ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱର : $$(R.P)_T = \frac{1}{\theta} = \frac{D}{1.22\lambda} \qquad (23.15)$$

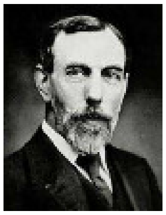
ସମୀକରଣ 23.15 ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ, ଅଧିକ ବିଭେଦନ ପାୱାର ପାଇଁ ବଡ଼ ଦ୍ୱାରକର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ କିମ୍ବା କମ୍ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଲୋକକୁ ଉପଯୋଗ କରିବା ଉଚିତ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଲର୍ଡ୍ ରାଲେ

(1842 - 1919)



ଇଂଲଣ୍ଡର ଇସେକ୍ସରେ ଥିବା ଭାଇନାମ୍ ଟର୍ଲିଂପ୍ଲେସ୍‌ରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ବାରନ୍ ରାଲେଙ୍କଠାରୁ ଜନ୍ମିତ ଷ୍ଟଟଙ୍କର ବାଲ୍ୟକାଳରୁ ବହୁତ ଖରାପ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ଥିଲା । ସେଥିପାଇଁ ତାଙ୍କର ପାଠପଢ଼ାରେ ବାଧା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିଲା । କିନ୍ତୁ ତାଙ୍କର ସୌଭାଗ୍ୟକୁ ଏଡ୍‌ୱାଡ୍ ରାଥ୍ ଏବଂ ଷ୍ଟୋକସ ତାଙ୍କର ଶିକ୍ଷକ ଥିଲେ । ଏହାର ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ 1865 ମସିହାରେ ସେ ଟ୍ରାଇପୋଜ୍ ପରୀକ୍ଷା ସିନିୟର ରେଙ୍ଗଲର ରୂପରେ ଉତ୍ତୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିଲେ ଏବଂ ସ୍ମିଥଙ୍କ ପୁରସ୍କାର ପ୍ରଥମେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିଲେ ।

ଆର୍ଗନ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିବାରୁ, 1904 ମସିହାରେ ସେ ନୋବେଲ ପୁରସ୍କାର ପାଇଥିଲେ । ଏହାବ୍ୟତୀତ ରାଲେ ହାଇଡ୍ରୋଡ଼ାଇନାମିକସ, ଥର୍ମୋଡାଇନାମିକ୍ସ, ଆଲୋକୀୟ ଏବଂ ଗଣିତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟାପକ ରୂପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ, ଯାହା ଅନୁସାରେ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ତରଙ୍ଗର ପଥ ଏକ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ନିୟନ୍ତିତ ହୋଇପାରେ । ଭୂକମ୍ପ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନିକ ସଂକେତର ପ୍ରସ୍ତୁତିକରଣରେ ପ୍ରଶସ୍ତ କରିଥିଲା । ନିଜର ଜୀବନର ଶେଷ ଅବସ୍ଥାରେ, ସେ ମନସ୍ତାତ୍ତ୍ୱିକ (psychiatry) ଗବେଷଣାରେ ମନୋନିବେଶ କରିଥିଲେ । ଚନ୍ଦ୍ର ତଥା ମଙ୍ଗଳରେ ତାଙ୍କର ନାମାନୁସାରେ ନାମିତ ଗହ୍ୱରମାନ ତାଙ୍କର ଅବଦାନାର ଶ୍ରଦ୍ଧାଞ୍ଜଳି ।

ଉଦାହରଣ 23.4 :

ଏକ 3 cm ବିଶିଷ୍ଟ ଦ୍ୱାରକର ଦୂରବୀକ୍ଷଣ 80 m ଦୂରରେ ସ୍ଥିତ ଏକ ଝରକାକୁ ତାର ଜାଲି ଉପରେ ଫୋକସ୍ କରାଗଲା । ଯଦି ତାରଜାଲିର ଦୁଇ ତାର ମଧ୍ୟରେ 2 mm ଦୂରତା ହୁଏ, ତାହା ହେଲେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଏହି ତାର ଜାଲି ସ୍ପଷ୍ଟ ଦେଖାଯିବ କି ନାହିଁ ? ଆଲୋକର ମାଧ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$m ଅଟେ ।

ସମାଧାନ : ଦତ୍ତ ଅଛି, $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$m ଏବଂ $D = 3$ cm $= 3 \times 10^{-z}$m

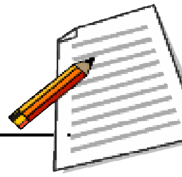
ତେଣୁ ବିଭେଦନର ସୀମା, $\theta = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{1.22 \times 5.5 \times 10^{-7}\,\text{m}}{3 \times 10^{-z}\,\text{m}} = 2.236 \times 10^{-5}$ rad

ଏହା ଦ୍ୱାରା ଅଭିଦୃଶ୍ୟକରେ ସୃଷ୍ଟି କୋଣ, ବିଭେଦନ ସୀମା, θ ସହ ସମାନ କିମ୍ବା ତାହା ଠାରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ଏହି ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ତାରଜାଲି (wire mesh)ର ବିଭେଦନ କରିପାରିବା । ତାରଜାଲି ଦ୍ୱାରା ଅଭିଦୃଶ୍ୟକରେ ସୃଷ୍ଟି କୋଣ,

$$\alpha = \frac{\text{ତାରଜାଲିର ଦୁଇତାର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା}}{\text{ତାରଜାଲିରୁ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଦୂରତା}}$$

$$= \frac{2\text{mm}}{80\text{m}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{80\text{m}} = 2.25 \times 10^{-5}\ \text{rod}$$

ଯେହେତୁ 2.5×10^{-5} rad (ରେଡ଼ିୟାନ) ବିଭେଦନ ସୀମା ($= 2.236 \times 10^{-5}$ ରେଡ଼ିୟାନ)ରୁ ଅଧିକ ଅଟେ, ତେଣୁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ତାରଜାଲିର ତାରଗୁଡ଼ିକୁ ଅଲଗା ଅଲଗା ଦେଖି ପାରିବ ।



23.3.2 ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର

(Resolving Power of a Microscope)

ଦୁଇଟି ପାଖାପାଖି ଥିବା ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଅଲଗା-ଅଲଗା (ସ୍ୱଷ୍ଟ) ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି କରିବାର ସାମର୍ଥ୍ୟ ହେଉଛି ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର । ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ନ୍ୟୁନତମ ରେଖୀୟ ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁ ଭାବେ ଦେଖାଯିବେ - ଏହି ଆଧାରରେ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ମପାଯାଏ । ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ରେଖୀୟ ଦୂରତାକୁ **ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ସୀମା** କୁହାଯାଏ ।

ରେଖୀୟ ଅନ୍ତରର ମାନ ଯେତେ କମ୍ ହେବ, ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ସେତେ ଅଧିକ ହେବ । ତେଣୁ **ବିଭେଦନ ସୀମାର ବ୍ୟୁତକ୍ରମ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ଅଟେ ।**

ବସ୍ତୁକୁ ଆଲୋଚିତ କରିବାକୁ ବ୍ୟବହୃତ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ λ, ଚକ୍ଷୁଠାରେ ବିନ୍ଦୁଉତ୍ସରୁ ନିର୍ଗତ ଆଲୋକର ଶଙ୍କୁ (cone) ର ଅର୍ଦ୍ଧକୋଣ θ ଏବଂ ବସ୍ତୁ ତଥା ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ n ହୁଏ, ତେବେ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ସୀମା ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ହେବ,

$$d = \frac{\lambda}{2n \sin\theta} \qquad (23.16)$$

ତେଣୁ, ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର

$$(\text{R.P.})_m = \frac{2n \sin\theta}{\lambda} \qquad (23.17)$$

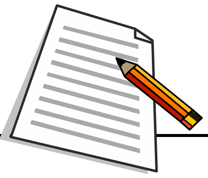
ବ୍ୟଞ୍ଜକ $2n \sin\theta$ କୁ ସାଂଖ୍ୟିକ (numerical) ଦ୍ୱାରକ (NA) କୁହାଯାଏ । ଏକ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ପାଇଁ ମିଳୁଥିବା ଅଧିକତମ ମାନ 1.6 ଅଟେ । ଚକ୍ଷୁ ପାଇଁ ଏହି ମାନ (NA) 0.004 ଅଟେ ।

ସମୀକରଣ (23.17)ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ବଢ଼ାଇବାକୁ ସାଂଖ୍ୟିକ ଦ୍ୱାରକ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେବ ଏବଂ ବସ୍ତୁକୁ ଆଲୋକିତ କରିବାକୁ କମ୍ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଆଲୋକର ଉପଯୋଗ କରାଯିବ । ଏହି କାରଣରୁ ଅତିବାଇଗଣୀ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ବହୁତ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନରେ ଏହାର ପ୍ରୟୋଗ

ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ (କିମ୍ବା ଆଲୋକୀୟ) ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ତାରା, ଗ୍ରହ ଏବଂ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଦେଖିବାରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ଅଧିକ ବିଭେଦନ ପାୱାର ପାଇଁ ଆଲୋକୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦ୍ୱାରକକୁ ବଡ଼ କରାଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏତେ ବଡ଼ ଲେନ୍ସ ତିଆରି କରିବା ଏବଂ ଏହାର ଭାର ସମ୍ଭାଳିବା କଠିନ ବ୍ୟାପାର ଅଟେ । ତେଣୁ ଅଧିକ ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଲେନ୍ସ ପରିବର୍ତ୍ତେ ପ୍ରତିଫଳକ ଦର୍ପଣର ଉପଯୋଗ ହେଉଛି । ଦର୍ପଣ ସମାନ ଆଲୋକୀୟ ଗୁଣବତ୍ତା ପାଇଁ କମ୍ ଭାରୀ ହୋଇଥାଏ, ଏହାର ଭାର ସମ୍ଭାଳିବା ଅଧିକ ସହଜ ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।

ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଅସ୍ପଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ଅତିବାଇଗଣୀ ରଶ୍ମି, X- ରେ, ଗାମା-ରେ (ray) ଇତ୍ୟାଦି ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଯାଏ । ତେଣୁ ଏହାର ଅଧ୍ୟୟନ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ଦୂରବୀକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକରେ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନୀୟ



ଟିପ୍ପଣୀ

ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକରୁ ଆସୁଥିବା ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକୁ ଅଧ୍ୟୟନ ପାଇଁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକୁ ପୃଥିବୀର ଉପର ସ୍ତର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । NASA ର ହବ୍‌ଲ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଏପରି ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଏକ ଉଦାହରଣ ଅଟେ । ଚନ୍ଦ୍ର X ରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ, କଂପ୍ଟନ X ରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ଅବଲୋହିତ ରଶ୍ମି ଦୁରବୀକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ମହାକାଶରେ ଏବେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଛି ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 23.3

1. ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାରକୁ କିପରି ବଢ଼ାଯାଇ ପାରିବ ?

   ....

2. ଚକ୍ଷୁର ବିଭେଦନ ସୀମା ଏବଂ ବିଭେଦନ ପାୱାର ମଧ୍ୟରେ କି ସଂବନ୍ଧ ଅଛି ?

   ....

3. ଯଦି ବସ୍ତୁକୁ ଆଲୋକିତ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ଉପରେ କି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିବ ?

   ....

3. ଯଦି ବସ୍ତୁକୁ ଆଲୋକିତ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ ପାୱାର ଉପରେ କି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିବ ?

   ....

4. ଯଦି ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଦ୍ୱାରକର ବ୍ୟାସ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ ଏବଂ କମ୍ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଆଲୋକ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ବିଭେଦନ ପାୱାରରେ କି ପ୍ରକାରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ?

   ....

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ଏକ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ମାନବ ଚକ୍ଷୁରେ ସୃଷ୍ଟ (ଅନ୍ତରୀତ) କୋଣକୁ ଦର୍ଶନ କୋଣ କୁହାଯାଏ ।
- ଉଭୟ ଚକ୍ଷୁର ନିକଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଥିଲେ ଚକ୍ଷୁଠାରେ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଓ ବସ୍ତୁଦ୍ୱାର ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ଅନୁପାତକୁ ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ କିମ୍ବା ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର କୁହାଯାଏ ।
- ପ୍ରତିବିମ୍ବର ଆକାର ଓ ବସ୍ତୁର ଆକାରର ଅନୁପାତକୁ ରେଖୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ କୁହାଯାଏ ।
- ଏକ ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର $M = 1 + \frac{D}{f}$ ଏଠାରେ D ହେଉଛି ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା ଏବଂ f ହେଉଛି ଲେନ୍‌ସର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ।
- ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ଦୁଇ ସ୍ତରରେ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହା ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣଠାରୁ ଭିନ୍ନ । ଏଥିରେ ଏକ ଫୋକସ୍ ଦୂରତା କମ୍ ଥିବା ଗୋଟିଏ ନେତ୍ରିକା ଏବଂ ଏକ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଲେନ୍‌ସ ଏଥିରେ ଥାଏ ।

1 ମାତ୍ର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ତୁଳନାରେ କମ୍ ଅଟେ ।

1 ସମ୍ମିଳିତ ଅଣୁବିକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର, $M = (m_0)\ (m_e)$

କିନ୍ତୁ $m_e = 1 + \dfrac{D}{f}$ ତେଣୁ, $M = \dfrac{v_0}{u_0}\left(1 + \dfrac{D}{f_e}\right)$

ଏଠାରେ v_0 = ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଏବଂ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା, u_0 = ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଠାରୁ ବସ୍ତୁର ଦୂରତା D = ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା (= 25cm) ଏବଂ f_e ହେଉଛି ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ।

1 ଚକ୍ଷୁଠାରେ ଖୁବ୍ କମ୍ କୋଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଦୂରସ୍ଥ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଦେଖିବା ପାଇଁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଉପଯୋଗ ଫଳରେ ଚକ୍ଷୁରେ ଦର୍ଶନ କୋଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଦୂରସ୍ଥ ବସ୍ତୁ ଚକ୍ଷୁରେ ଅଧିକ ପାଖରେ ଥିବା ଭଳି ପ୍ରତୀୟମାନ ହୁଏ ଏବଂ ତାହାକୁ ଠିକ୍ ଭାବରେ ଦେଖି ହୁଏ ।

1 ଦୁଇ ପ୍ରକାର ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ -

(i) ପ୍ରତିସରିତ (ii) ପ୍ରତିଫଳିତ

1 ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଏକ କେନ୍ଦ୍ରଭିସାରୀ (ଉତ୍ତଳ) ଲେନ୍ସ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଅଧିକ ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଅବତଳ ଦର୍ପଣ ଅଟେ । ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ତୁଳନାରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅନେକ ସୁବିଧା ଅଛି ।

ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର, $M = f_0 / f_e$

ଏଠାରେ f_0 ଅଭିବୃଶ୍ୟକର ଏବଂ f_e ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ଅଟେ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ସରଳ ଓ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ କ'ଣ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଅଛି ? ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।
2. ପ୍ରତିସରିତ ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ । ନିଉଟନଙ୍କ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଏକ ରଶ୍ମିଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର ।
3. ଏକ ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ପାଇଁ ଏକ ସମୀକରଣ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର ।
4. ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶନର ନିମ୍ନତମ ଦୂରତା କହିଲେ ତୁମେ କ'ଣ ବୁଝ ? ସାଧାରଣ ଚକ୍ଷୁ ପାଇଁ ଏହାର ମାନ କେତେ ?
5. ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବର ଫଟୋ ନେଇ ପାରିବା କି ? ନିଜର ଉତ୍ତରକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।
6. ଏକ ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତିର ବିଭେଦନ ପାୱାରର ଏକ ସାଧାରଣ ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।
7. ଏକ ସଂଯୁକ୍ତ ଚକ୍ଷୁ ପାଇଁ ବିଭେଦନ ସୀମା କେତେ ? ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଏବଂ ପାର୍ଥିବ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଡିଜାଇନରେ ଥିବା ମୁଖ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ କ'ଣ ?
8. ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 10 cm ଅଟେ । ଏହାର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଏବଂ ନେତ୍ରିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 2.1m । ଦୂରଦର୍ଶନର କୋଣୀୟ ବର୍ଦ୍ଧନ କେତେ ହେବ ?

9. ଏକ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଏହାର ଦ୍ୱିତୀୟ ଫୋକସ୍ ଠାରୁ 18 cm ଦୂରରେ ଅଛି । ଯଦି ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 4mm ଏବଂ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 3.125 ହୁଏ, ତେବେ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ କେତେ ହେବ ?

10. ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ବ୍ୟାସ ଅନ୍ୟ ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ତିନିଗୁଣ ଅଟେ । ଦ୍ୱିତୀୟ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ତୁଳନାରେ ପ୍ରଥମ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ କେତେ ଗୁଣ ଅଧିକ ଆଲୋକ ଠୁଳ କରି ପାରିବ ?

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

23.1

1. ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଆଭାସୀ, ବର୍ଦ୍ଧିତ ଏବଂ ସଳଖ ହୋଇଥାଏ, ଅଥଚ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ବାସ୍ତବ, ବର୍ଦ୍ଧିତ ଏବଂ ଓଲଟା ହୋଇଥାଏ ।
2. ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଦ୍ୱାରା ନେତ୍ରିକାରେ ସୃଷ୍ଟ କୋଣ ନିକଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କୋଣର ଅନୁପାତକୁ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର କୁହାଯାଏ । ପ୍ରତିବିମ୍ବ ତଥା ବସ୍ତୁର ଆକାରର ଅନୁପାତ କୁହାଯାଏ ।
3. $m = 11, \mathrm{m} = 1 + \frac{D}{f}, D = 25$ cm ସ୍ଥାପନ କଲେ, $f = 2.5$ cm
4. ଯଦି ତୁମେ 4 cm ର ଫୋକସ୍ ଦୂରତାର ଲେନ୍ସକୁ ବାଛିବ ତେବେ ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ଅଧିକ ହେବ, କାରଣ $M = f_0 / f_e$
5. ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାର ହେବ,

$$m = \frac{-L}{f_0} = \left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ f_0 ଓ f_e ଉଭୟର ମାନ କମ୍ ହେଲେ m ର ମାନ ଅଧିକ ହେବ ।

23.2

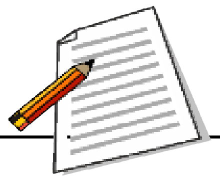
1. (a) ଅଧିକ ଫୋକସ୍ ଦୂରତାର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ, ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବର୍ଦ୍ଧନ ପାୱାରକୁ ବଢ଼ାଇ ଥାଏ ।
   (b) ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବଢ଼ାଇଲେ ବର୍ଦ୍ଧନ କମ୍ ହେବ ।
2. ବର୍ଦ୍ଧନ, $m = f_0 / f_e = \frac{50\text{cm}}{2\text{cm}} = 25$
3. ପ୍ରତିସରିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣରେ ଥିବା ଭଳି ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଏକ ଅଭିସାରୀ ଲେନ୍ସ ପରିବର୍ତ୍ତେ ପ୍ରତିଫଳିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ଏକ ଅଧିକ ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବିଶିଷ୍ଟ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଦର୍ପଣ ଅଟେ ।
4. ହଁ
5. ନାହିଁ ।

23.3

1. ଅଧିକ ଦ୍ୱାରକର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକ ନେଇ ବା କମ୍ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଆଲୋକକୁ ଉପଯୋଗ କରି ।
2. ଚକ୍ଷୁର ବିଭେଦନ ସୀମା ଏହାର ବିଭେଦନ ପାୱାରର ବ୍ୟୁତକ୍ରମାନୁପତୀ ଅଟେ । ବିଭେଦନ ସୀମାର ମାନ ମଧ୍ୟ ବଢ଼ିବ ।
3. ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ବିଭେଦନ କ୍ଷମତା R.P. = $\frac{D}{1.22\lambda}$ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା ବୃଦ୍ଧି ହେବ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର :

8. 21 9. 4010 10. 9 ଗୁଣ



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉଚ୍ଚତର ମାଧ୍ୟମିକ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ

ଆଲୋକର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ପ୍ରତିସରଣ

ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ନିମନ୍ତେ ଆସାଇନ୍‌ମେଣ୍ଟ୍ - 6

ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାର୍କ 50 — ସମୟ $1\frac{1}{2}$ ଘଣ୍ଟା

ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ :

- ସମସ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ପୃଷ୍ଠାରେ ଦିଅ ।
- ତୁମ ଉତ୍ତର କାଗଜରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ତଥ୍ୟମାନ ଦିଅ ।
  - ନାମ
  - ନାମ ଲେଖା କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା
  - ବିଷୟ
  - ଆସାଇନ୍‌ମେଣ୍ଟ କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା
  - ଠିକଣା
- ତୁମ ପଠନ କେନ୍ଦ୍ରରେ ତୁମର ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଶିକ୍ଷକଙ୍କ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉତ୍ତର ପରୀକ୍ଷା କରାଅ ଯେପରିକି ତୁମର କୃତିତ୍ୱ ସମ୍ପର୍କରେ ଉପଯୁକ୍ତ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ପାଇବ ।

ତୁମ ପ୍ରଶ୍ନୋତ୍ତର NIOS କୁ ପଠାଇବ ନାହିଁ ।

1. ଏକ ଅବତଳ ଦର୍ପଣର ବକ୍ରତା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 30 cm ଅଟେ । ଏହାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା କେତେ ହେବ ?(1
2. କାଚର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କର 5.5 ହେଲେ କାଚରେ ଆଲୋକର ବେଗ କେତେ ? (1
3. 25cm ଫୋକସ୍ ଦୂରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଅବତଳ ଲେନ୍‌ସର ପାୱାର ଡାୟୋପଟରରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।(1
4. ତରଙ୍ଗ ଏକ ମାଧ୍ୟମରୁ ଅନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମକୁ ଗଲେ, ଏହାର ଆୟାମ, ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ବେଗ ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ଅଭିଲକ୍ଷଣଟି ଅପରିବର୍ତ୍ତନ ରହିବ ? (1
5. ଏକ ପ୍ରିଜମରେ କେଉଁଟି ଅଧିକ ବିଚଳନ ହେବ - ଲାଲ ବର୍ଣ୍ଣ କିମ୍ବା ନୀଳ ବର୍ଣ୍ଣ ? (1
6. ଏକ ବସ୍ତୁ ଲେନ୍‌ସ ଠାରୁ R ଦୂରତାରେ ରଖିଲେ ଏହାର ସମାନ ଆକାରର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଲେନ୍‌ସର ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଲେନ୍‌ସ ଉତ୍ତଳ କି ଅବତଳ ? (1
7. ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଅଭିଦୃଶ୍ୟକର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା f_0 ଏବଂ ନେତ୍ରିକାର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା f_e ଅଟେ । ସାଧାରଣ ସମାୟୋଜନ ଅବସ୍ଥାରେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣର ଲମ୍ବ କେତେହେବ ? (1
8. ଆକାଶର ନୀଳବର୍ଣ୍ଣ ଯେଉଁ ଆଲୋକୀୟ ପରିଘଟଣା ଯୋଗୁଁ ହୁଏ, ତାର ନାମ ଲେଖ । (1
9. ଏକ ରଶ୍ମିଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରି ଦର୍ଶାଅ ଯେ, କୌଣସି ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତିଫଳନ ପ୍ରିଜମ୍‌ରେ ଏକ ଆଲୋକ ରଶ୍ମିକୁ କିପରି ବିଚଳନ କରାଯାଇପାରିବ ? (i) 90^0 ରେ (ii) 180^0 (2
10. ଏକ 1.5 ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ଥିବା ପଦାର୍ଥରୁ ତିଆରି ସମୋତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସ (equiconvex)ର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା 20cm ଅଟେ । ଏହାର ପୃଷ୍ଠତଳର ବକ୍ରତା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହିସାବ କର । (2

11. ଏକ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ବାୟୁ-କାଚ ଅନ୍ତରାପୃଷ୍ଠରେ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି 30^0 କୋଣରେ ଆପତିତ ହେଲେ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକ 100% ସମତଳ ଧ୍ରୁବିତ ହୋଇଥାଏ । ବାୟୁ ତୁଳନାରେ କାଚର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ହିସାବ କର । (2

12. ସଂଯୁକ୍ତ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ପାଇଁ ଏକ ନାମାଙ୍କିତ ରଶ୍ମିଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର ।

13. ଏକ ସ୍ତମ୍ଭକାକୃତି ପାତ୍ରର ଗଭୀରତା 20 cm । ଏଥିରେ ଉପର ଧାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳ $(n = 4/3)$ ଭର୍ତ୍ତି କରାଗଲା । ଏହାର ନିମ୍ନତଳ କେତେ ସେଣ୍ଟିମିଟର ଉପରକୁ ଉଠିବା ଭଳି ପ୍ରତୀୟମାନ ହେବ ?(4

14. ଆଲୋକର ବ୍ୟତୀକରଣ ଏବଂ ବିଭେଦନ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟ ସ୍ପଷ୍ଟ କର । (4

15. ଲେନ୍‌ସରେ ବର୍ଣ୍ଣ-ବିପଥନ କାହିଁକି ହୁଏ, ବୁଝାଅ ? ଏହି ତ୍ରୁଟିକୁ କମ୍ କରିବା ପାଇଁ ଏକ ପଦ୍ଧତିର ବର୍ଣ୍ଣନା କର । (4

16. ଏକ ଆଲୋକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରର ବିଭେଦନ ପାୱାର କ'ଣ ? ଉପଯୁକ୍ତ ଚିତ୍ରର ଅଙ୍କନ କରି ଦୁଇଟି ଅତ୍ୟନ୍ତ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ବର୍ଣ୍ଣାଳୀ - ରେଖାର ବିଭେଦନ ସୀମା ପାଇଁ ରାଲେଙ୍କ ମାନଦଣ୍ଡ ସ୍ପଷ୍ଟ କର । (4

(i) ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ (ii) ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ର ବିଭେଦନ ପାୱାର ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଲେଖ ।

17. ଏକ ସମାନ କୋଣୀ ପ୍ରିଜମ ପାଇଁ ଦର୍ଶାଅ ଯେ, $\left(\mu = \frac{\sin(A+\delta)/\ 2}{Sin\ A/\ 2}\right)$ ଏଠାରେ δ ନ୍ୟୁନତମ ବିଚଳନ କୋଣ ଅଟେ । (4

18. ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ସଂଚରଣ ପାଇଁ ହାଇଜେନଙ୍କ ନିୟମ ଲେଖ । (4

(i) ଏକ ଦୂରସ୍ଥ ଆଲୋକ ଉତ୍ସରୁ ଅବତଳ ଦର୍ପଣରେ ଆପତିତ ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ମୁଖ ଅଙ୍କନ କର (ii) ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସର $2f$ ରେ ସ୍ଥିତ ବିନ୍ଦୁବସ୍ତୁ ପାଇ ଆପାତିତ ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ସମ୍ମୁଖର ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର । (4

19. ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍‌ସର ସମ୍ମୁଖରେ ରଖାଯାଇଥିବା ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ଦର୍ଶାଇବା ପାଇଁ ସ୍ପଷ୍ଟ ରଶ୍ମି ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର । ଲେନ୍‌ସ ନିର୍ମାତା ବ୍ୟଞ୍ଜକ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର । (5

20. ୟଙ୍ଗଙ୍କ ଦ୍ୱି-ସ୍଱ିଟ ପରୀକ୍ଷାର ବିବରଣୀ ଦିଅ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ବ୍ୟତୀକରଣ ପ୍ରତିରୂପର ଫ୍ରିନ୍‌ଜ - ପ୍ରସ୍ଥ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର । (5