

ИЗПИТНА ТЕМА 2. ЛУПА

План-тезис:

- Лупа – предназначение, оптична схема, образ.
- Оптични характеристики – увеличение, разделителна способност.
- Видове лупи.
- Принцип на действие на електростатичната леща.
- Цени и ценообразуване.
- Задължения на работодателя по отношение на някои категории работници и служители.

Приложна задача: Изчисляване на лупа с определено увеличение и начертаване на лупа за четене като идеен проект.

Дидактически материали: схеми, чертежи.

Критерии за оценяване	Максимален брой точки
Описва предназначението на лупата и изчертава оптичната схема и получаването на образа.	10
Извежда оптичните характеристики на лупата във връзка с окото.	15
Описва видовете лупи и анализира техните предимства и недостатъци.	5
Описва принципа на действие на електростатичната леща и обяснява устройството ѝ.	10
Решава вярно приложната задача.	10
Знае и използва начините за ценообразуване.	5
Знае изискванията за здравословни и безопасни условия на труд при работа с лазерна и оптична техника.	5
Общ брой точки	60

1. ОПИСАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕТО НА ЛУПАТА И ОПТИЧНА СХЕМА ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА ОБРАЗА

5.1. ЛУПИ

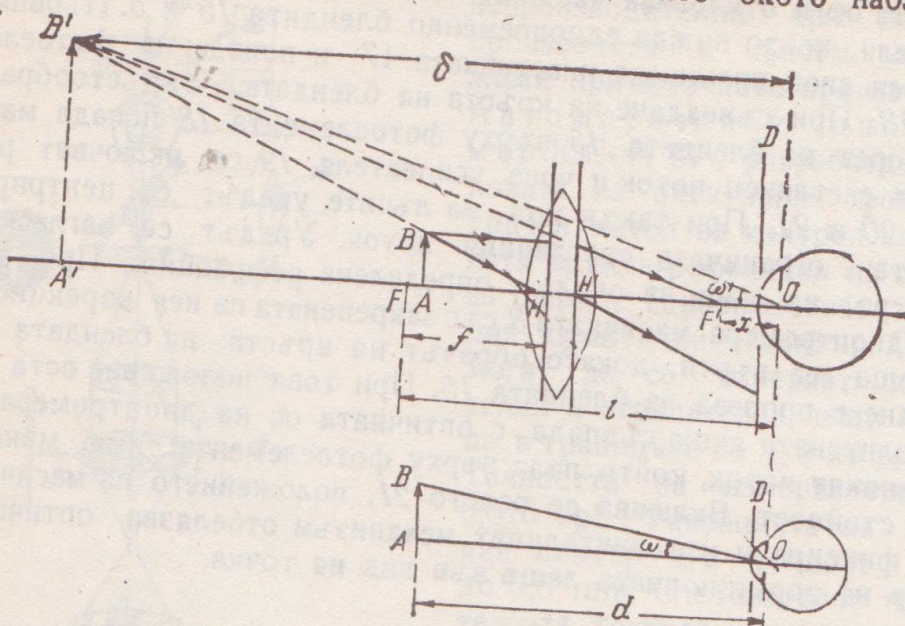
Лупата е най-простият оптичен уред. Тя служи за наблюдаване на предметите под по-голям ъгъл от ъгъла, под който те се наблюдават с просто (невъоръжено) око.

Предметът, който ще се наблюдава, се поставя на такова разстояние от лупата, че лъчите, които излизат от него, след преминаването през лупата да попаднат в окото, като че ли идват от неговата далечна точка. За еметропично око далечната точка се намира в безкрайност. Наблюдаваният предмет следователно трябва да се постави във фокуса на лупата.

Лупата се състои от една или няколко лещи. Най-простата лупа е една събирателна леща. На фиг. 5.1 е дадено получаването на образ на даден предмет AB от една проста лупа. Предметът се намира между фокуса и лещата. Образът $A'B'$ е увеличен, прав и недействителен. Той се наблюдава при ъгъл ω' от окото с център O . Окото е неподвижно и неговата ирисова бленда е D .

5.1.1. Увеличение на лупата

Под видимо увеличение на лупата разбираме отношението от тангенса на ъгъла ω' , под който окото наблюдава предмета през лупата, към тангенса от ъгъла ω , под който окото наблюдава



Фиг. 5.1. Увеличение на лупа

предмета, поставен на разстояние от него $d=25$ cm — разстоянието на най-ясно виждане (фиг. 5.1).

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega'}{\operatorname{tg} \omega}.$$

Да означим с x разстоянието от зеницата на окото O до задния фокус F' на лупата, а с δ — разстоянието от зеницата на окото до образа $A'B'$.

Тогав

$$\operatorname{tg} \omega' = \frac{A'B'}{\delta}, \quad \operatorname{tg} \omega = \frac{AB}{d}$$

и

$$\Gamma = \frac{d}{\delta} \cdot \frac{A'B'}{AB}.$$

От $\Delta F'A'B'$ и ΔABH при условие, че $FB \approx 0$, имаме

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{F'A'}{f} = \frac{\delta - x}{f}.$$

Като заместим тези стойности във формулата за видимото увеличение, получаваме

$$\Gamma = \frac{d}{f} \left(1 - \frac{x}{\delta}\right).$$

Виждаме, че видимото увеличение на лупата не е постоянна величина.

Когато образът $A'B'$ се намира на разстояние на най-ясно виждане ($d = \delta$), тогава

$$\Gamma = \frac{A'B'}{AB} = \beta,$$

което показва, че за този случай видимото увеличение на лупата е равно на напречното увеличение.

При постоянни δ и x видимото увеличение е обратно пропорционално на фокусното разстояние на лупата. За дадени положения на образа и предмета ($\delta = \text{const}$), то зависи от разстоянието x , на което се намира окото от задния фокус на лупата. Когато това разстояние намалява, видимото увеличение расте. Стане ли $x = 0$, видимото увеличение на лупата е

$$\Gamma = \frac{d}{f}.$$

Това се получава, когато центърът на зеницата на окото съвпада със задния фокус на лупата. Същото видимо увеличение на лупата получаваме, ако предметът се намира в предния фокус и следователно образът му е в безкрайност ($\delta = \infty$). Видимото увеличение в този случай не зависи от положението на окото и от разстоянието x . Лъчите, които излизат от лещата, са успоредни помежду си и образът ще се наблюдава под един и същи ъгъл независимо от това, къде се намира окото. Когато говорим за видимо увеличение на лупата, разбираме точно този случай — предметът е поставен във фокуса на лупата. Тогава видимото увеличение не зависи от положението на окото и е

$$\Gamma = \frac{d}{x}.$$

Когато фокусното разстояние е измерено в сантиметри, видимото увеличение на лупата е

$$\Gamma = \frac{25}{f}$$

и числената му стойност се отбелязва на гривната на лупата. Знаем, че пречупващата сила на една леща е

$$\varphi = \frac{1}{f},$$

където f е в m, а φ — в диоптри. Тогава

$$\Gamma = \frac{0,25}{f} = \frac{1}{4} \varphi,$$

т. е. видимото увеличение на лупата е равно на една четвърт от числената стойност на пречупващата ѝ сила, измерена в диоптри.

2. ОПТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЛУПАТА ВЪВ ВРЪЗКА С ОКОТО

Оптичните характеристики са:

- Разделителна способност
- Ограничаване на лъчите при лупата
- Дълбочина на зрителното поле

5.1.2. Разделителна способност. Ограничаване на лъчите при лупата. Дълбочина на зрителното поле

Разделителната способност на системата от лупа и око се измерва с най-малкото разстояние между две точки, които тази система различава като разделени.

Разделителната способност на окото е $1'$ или $0,0003$ радиана. Окоето ще различи две точки, когато те се наблюдават през лупата под ъгъл $\alpha' > 1'$. Когато образът се намира в безкрайност или окото се намира в задния фокус, за малки ъгли имаме

$$\operatorname{tg} \alpha' \approx \alpha' = \frac{AB}{f}.$$

Най-малкото разстояние между точките A и B , за да се видят през лупата разделени, е $AB = 0,0003 f$.

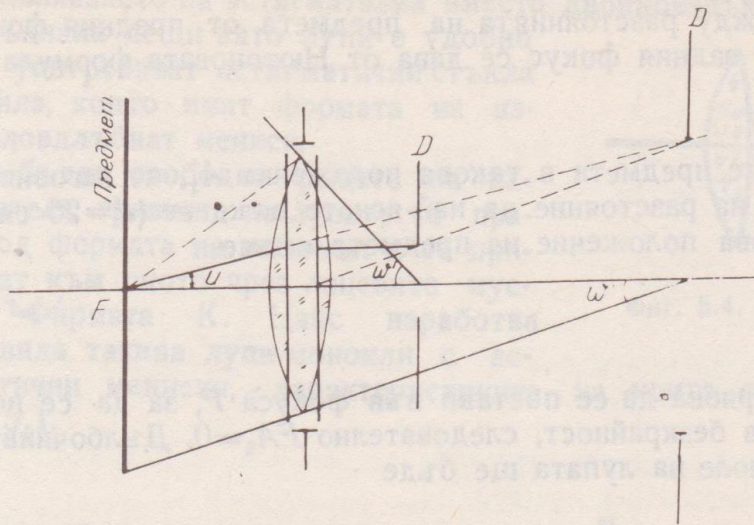
Това разстояние е измерено в същите единици, в които е измерено и фокусното разстояние.

Ограничаване на лъчите при лупата. Апертурна бленда на системата лупа — око почти винаги е зеницата на окото. Фиг. 5.2 показва, че образът D' на зеницата D се вижда под по-малък ъгъл от центъра на наблюдавания предмет, отколкото гривната на лещата. Предметът е поставен във фокуса на лупата. Образът D' представлява входната зеница, а зеницата на окото D — изходната зеница на системата лупа — око.

Зрителната бленда е гривната на лещата. Ъгълът на зрението е ω . С увеличаването на зрителното поле растат и aberациите на лупата — сферична, хроматична, дисторсия и др., затова зрителното поле на лупите не превишава 25 — 30° . Само в някои лупи, които са добре коригирани чрез системата от няколко лещи, зрителното поле може да бъде до 60 — 70° .

Както входната зеница, така и зрителното поле зависят от положението на окото спрямо лупата. Те се увеличават, когато око-

то се приближава към лупата, и намаляват при неговото отдалечаване. Когато окото се намира в задния фокус на лупата, изходният лък ще бъде



Фиг. 5.2. Ограничаване на лъчите при лупата

$$\operatorname{tg} 2\omega' = \frac{D}{f},$$

където D е диаметърът на лупата.

Входният лък — гривната на лупата — не съвпада с наблюдавания предмет и затова зрителното поле не е добре ограничено. За да се отстрани този недостатък, при някои лупи непосредствено до наблюдавания предмет се поставят специални зрителни бленди K (фиг. 5.3).

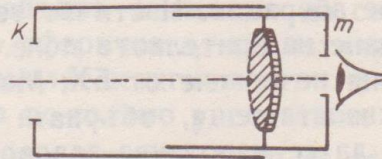
Често, за да се фиксира положението на окото, във втория фокус на лещата се поставя отделна апертурна бленда m . Отворът на тази бленда е почти равен на зеницата на окото.

Под дълбочина на зрителното поле на окото разбираме разстоянието между най-близката и най-отдалечената точка, които окото може да вижда ясно.

За еметропично око най-близката точка е на разстояние $d=25$ см, а най-отдалечената точка е в безкрайност.

Дълбочината на зрителното поле при лупата зависи от разстоянието между две точки A_1 и A_2 , които лежат върху оптичната ос и образите на които, получени от лупата, са на разстояние d

и ∞ от окото. Всички точки, които се намират между точките A_1 и A_2 , ще се наблюдават ясно благодарение на акомодационната способност на окото.



Фиг. 5.3. Лупа със зрителна бленда

Да приемем, че окото се намира в задния фокус на лупата (или x е много малко) и разстоянието от образа до задния фокус е δ (фиг. 5.1).

Връзката между разстоянията на предмета от предния фокус и на образа от задния фокус се дава от Нютоновата формула

$$FA \cdot FA' = f^2.$$

Приближаваме предмета в такова положение A_1 , че неговият образ да бъде на разстояние на най-ясното виждане ($d=25$ cm от окото). За това положение на предмета имаме

$$FA_1 = \frac{f^2}{d}.$$

Предметът трябва да се постави във фокуса F , за да се получи образът му в безкрайност, следователно $FA_2=0$. Дълбочината на зрителното поле на лупата ще бъде

$$A_1A_2 = FA_1 - FA_2 = \frac{f^2}{d}.$$

Тя ще бъде толкова по-малка, колкото е по-малко фокусното разстояние на лупата. Понеже окото се поставя винаги около втория фокус, x е малка величина и дълбочината на зрителното поле практически не зависи от положението на окото.

3. ВИДОВЕ ЛУПИ – ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ

Теоретически е напълно възможно да се направят лупи с различно увеличение. Например лупа с увеличение 1000 пъти трябва да има фокусно разстояние 0,25 mm. Такава лупа обаче има много малък диаметър и е трудно да се работи с нея. Сега се правят лупи, видимото увеличение на които не надминава 40X.

Най-простата лупа е двойноизпъкналата леща с равни радиуси на сферичните пречупващи повърхнини. Тя притежава обаче всички видове аберации. Частично тези аберации се отстраняват чрез намаляване на зрителното поле. Такава лупа се използва за увеличения не повече от 5X. Малко по-добри качества има плоскоизпъкналата леща, обърната с плоската си част към окото. Тя може да се използва задоволително за увеличения до 14 X. Такава лупа представляват очните лещи на всички очила.

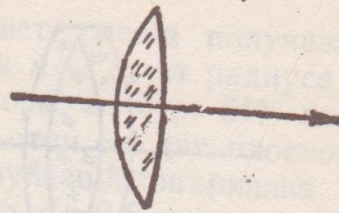
Най-добре коригирана единична леща, която може да се използва като лупа, е тази, на която радиусите на сферичните пречупващи повърхнини удовлетворяват следното условие:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{2n^2 - n - 4}{2n^2 + n}.$$

За обикновено кронстъкло с показател на пречупването $n=1,5$ получаваме $r_2 = -6r_1$. Повърхнината с по-малкия радиус трябва да бъде обърната към наблюдавания предмет (фиг. 5.4). За намаляването на астигматизма вместо двойноизпъкнали и плоскоизпъкнали лещи като лупи е удобно

да се употребяват астигматични стъкла за очила, които имат формата на изпъкналодълъбнат мениск.

За да бъдат свободни ръцете на наблюдателя, гривните на лупите се правят под формата на монокул и се придържат към окото чрез лицевите мускули. Фирмата К. Цайс изработва шест вида такива лупи-монокли с астигматични мениски, характеристиките на които са дадени в табл. 5.1.



Фиг. 5.4. Проста лупа

Таблица 5.1

Фокусно разстояние в mm	Увеличение	Зрително поле в mm	Разстояние от пред- мета до лещата в mm
50	5,0	45	50
60	4,0	65	60
70	3,5	85	65
90	2,8	100	85
110	2,3	120	105
150	1,7	160	145

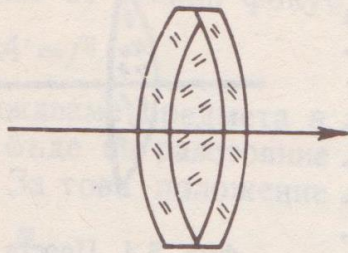
Същата фирма изработва апланатични сферични лупи, едната повърхнина на които е сферична, другата е асферична за отстраняване на aberациите.

Всяка лупа, която се състои от две и повече лещи, се нарича сложна лупа. При тази лупа е напълно възможно да се отстранят някои видове aberации, като сферичната, хроматичната, дисторсията, и чувствително да се намалят астигматизмът и комата. Сложните лупи имат значително по-голямо увеличение.

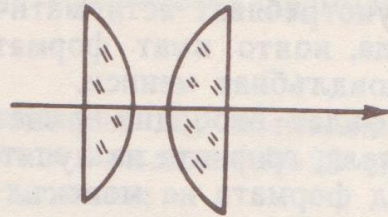
По своето устройство и предназначение сложните лупи се разделят на апланатични, анастигматични, измерителни, телескопични, биноклярни, триплетни и др.

От всички сложни лупи най-голямо приложение намират апланатичните и анастигматичните лупи, наричани още лупи на Щайнхел (фиг. 5.5). Обикновено те представляват три степени лещи — едната от крон, а другите две от флинт. Тези лупи са добре

коригирани от хроматична аберация, кома и дисторсия и притежават незначителна сферична аберация. При сложните лупи, които се състоят от три лещи, съотношението между радиусите на пречупващите повърхнини е около 2:1:



Фиг. 5.5. Лупа на Щайнхел



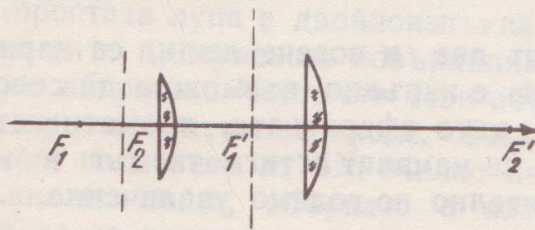
Фиг. 5.6. Лупа на Фраунхофер

—1:—2. Тези лупи се конструират винаги симетрично за по-лесно обработване на лещите.

Лупите, които се състоят от две неслепени лещи, се наричат дублетни или просто дублет. Те са най-разнообразни.

Лупата на Фраунхофер (фиг. 5.6) се състои от две еднакви плоскоизпъкнали лещи, обърнати с изпъкналите си повърхнини една към друга. Въздушната междина се взема най-малко 0,1—0,2 mm. Тази лупа е коригирана частично от сферична аберация и дисторсия, но притежава значителна хроматична аберация. Тя се използва за увеличения до 10X.

Лупата на Воластон (фиг. 5.7) се състои от две плоскоизпъкнали лещи, обърнати с плоските си повърхнини към падащата светлина. Предният фокус F на тези лупи се намира в пространството на предмета, а задният F' — между двете лещи. Отношението между фокусните разстояния f_1 и f_2 и разстоянието между лещите е $f_1:d:f_2=2:3:6$. Лупата на Воластон притежава малко зрително поле и известен хроматизъм.



Фиг. 5.7. Лупа на Воластон

Един дублет може да се изчисли лесно с желаното увеличение, когато е известно съотношението между неговите елементи. Използува се формулата за пречупващата сила на система от две лещи:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 - d\Phi_1\Phi_2.$$

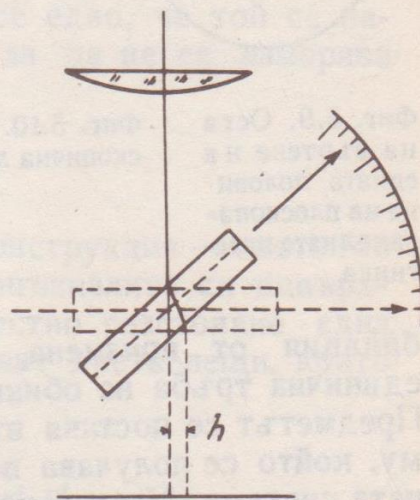
III, поставени една от друга на разстояние d .
 От по-сложните лупи с голямо увеличение ще отбележим само анастигматичните лупи на К. Цайс, които се състоят от четири лещи. По своите качества тези лупи се приближават към обективите за микроскоп и могат да се използват заедно с окуляр. Увеличението им достига до 40X.

Измерителни лупи. Всички лупи, предназначени за едно или друго измерване, се наричат измерителни лупи. Най-често употребяваните от тях служат за измерване плътността на тъканите — брой на нишките в единица дължина. Във фокусната равнина на тези лупи се намира квадратна зрителна бленда. В нея се поставя градуирана скала. Тези лупи са коригирани от хроматизъм и сферична aberация.

В някои видове лупи измерването вместо с градуирана скала се извършва с плоскопаралелна пластинка.

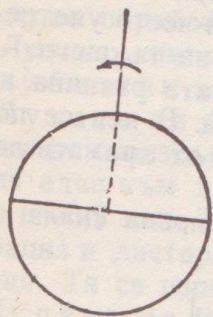
На пътя на лъчите между предмета и лупата се поставя плоскопаралелната пластинка (фиг. 5.8). Плоскопаралелната пластинка е под формата на кръг, разрязан на две части по един от диаметрите. Едната половина на пластинката е неподвижна, а другата може да се върти около ос, перпендикулярна на диаметъра, по който е разрязването (фиг. 5.9). При завъртането на подвижната плоскопаралелна пластинка образът на наблюдавания предмет се раздвоява вследствие на отместването което получават светлинните лъчи, минали през завъртяната част на плоскопаралелната пластинка. Това отместване, както видяхме в геометричната оптика, се дава от формулата

$$h = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \alpha d,$$

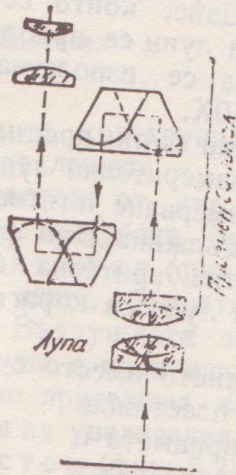


Фиг. 5.8. Измерителна лупа с плоскопаралелна пластинка

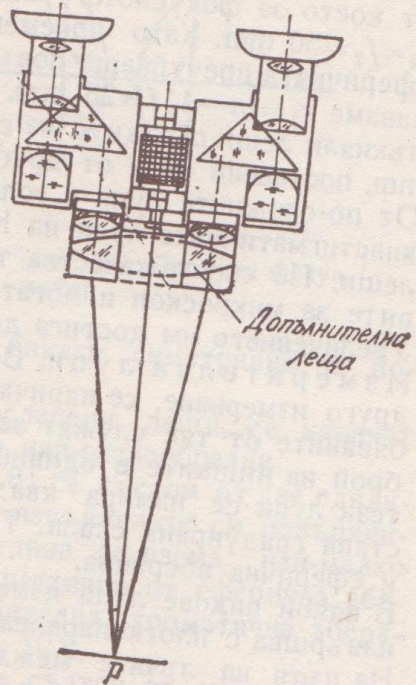
където d е дебелината на пластинката; α — ъгълът на завъртането; n — показателят на пречупването на плоскопаралелната пластинка.
 Телескопични лупи. Телескопичната лупа представлява ком-



Фиг. 5.9. Оста на въртене на едната половина на плоскопаралелната пластинка



Фиг. 5.10. Телескопична лупа



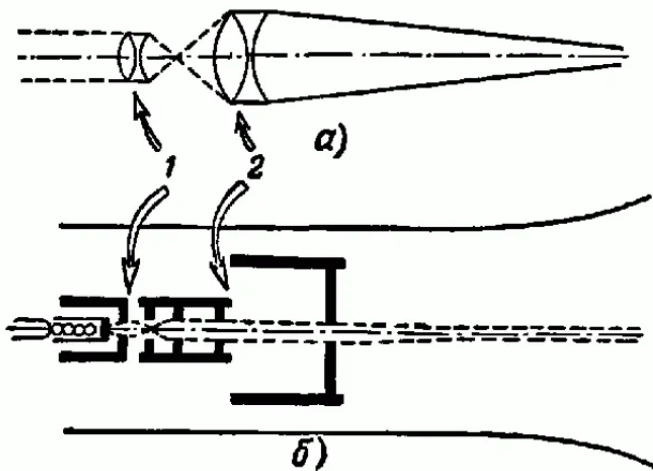
Фиг. 5.11. Схема на бинокулярна телескопична лупа

бинация от призмена телескопична система, която се явява единична тръба на обикновен призмел бинокъл, и лупа (Фиг. 5.10). Предметът се поставя във фокусната равнина на лупата. Образът му, който се получава в безкрайност, се наблюдава с телескопичната система. Увеличението на такава система е равно на произведението от увеличението на лупата и увеличението на телескопичната система. Като допълнителни лупи могат да се използват микроскопски обективи с малко увеличение. На фиг. 5.11 е дадена схемата на бинокулярна телескопична лупа, която се състои от театрален призмел бинокъл с намалено разстояние между обективите и добавъчна леща, поставена пред двата обектива. И тук предметът се поставя във фокусната равнина на лещата.

Телескопичните лупи имат следните предимства: наблюдава се изправен образ; увеличението им може да се мени (от 0,5 до 40X); наблюдаваният предмет не е поставен близо до лупата.

4 Принцип на действие на електростатичната леща

Електростатичната леща е устройство, предназначено да формира електронни лъчи, да ги фокусира и да създава електронно-оптични изображения на обекти.



Лещите в електронният микроскоп представляват електромагнити, полето на които може да изменя пътя на електроните. Ролята на кондензора изпълняват също електромагнити.

Електростатичната леща (фиг. 4, а) е електрическо поле, образувано с помощта на специални електроди, под въздействието на което електронните пътища на лъча са огънати. В тръба със статично фокусиране (фиг. 4б) обикновено има две лещи, за образуването на които използват контролния електрод, който вече ни е известен, както и два специални електрода: първият и вторият анод. И двата тези електрода са метални цилиндри, понякога с различен диаметър, към които се прилага голямо положително напрежение (спрямо катода): напрежението към първия анод обикновено е 200-500 V, към втория - 800-15 000 V.

Първата леща се образува между контролния електрод и първия анод. Оптичният му аналог представлява събирателен обектив с къс фокус, състоящ се от два елемента: двойно изпъкнала и двойно вдлъбната леща. Този обектив осигурява изображение на катода вътре в първия анод, който от своя страна се проектира върху екрана на тръбата с помощта на втора леща.

Втората леща се формира от полето между първия и втория анод и е подобна на първата леща, само че фокусното ѝ разстояние е много по-голямо. По този начин първият обектив играе ролята на кондензатор, а вторият обектив играе ролята на основния проекционен обектив.

Вътре в анодите има тънки метални пластини с отвори в центъра - диафрагми, които подобряват фокусиращите свойства на лещите.

Чрез промяна на напрежението на всеки от трите електрода, образувачи електростатичните лещи, е възможно да се променят свойствата на лещите, като се постигне добро фокусиране на лъча. Това обикновено става чрез промяна на напрежението на първия анод.

5. Начините за ценообразуване.

- a. метод за ценообразуване, основаващ се на разходите и очакваната печалба
- б. методи на ценообразуване основаващи се на търсенето – този метод е пазарно ориентиран.
- в. методи на ценообразуване отчитащи пазарното поведение на конкуренцията – критерия за избор е цената на конкурента. Два са основните методи на ценообразуване съобразени с конкуренцията:
 - Асортиментно ценообразуване- работи със свои специални средства като: ценови линии, цена “над номинала”, цена с примамка, цена на страничния продукт и незакръглени цени.
- г. Географско ценообразуване- отчита особеностите на процеса на покупката и продажбата и главно на доставката на стоката от производителя към потребителя. Използва се предимно при формиране на експортните цени и намира израз в различното франко на цените.
- д. Стимулиращо ценообразуване- основно на различни отбивки и зачитания. Намира израз в:
 - бонусни отстъпки- за постоянни покупки
 - отстъпка за плащане в кеш
 - отстъпка за покупка на определени количества
 - сезонни отстъпки
 - функционални отстъпки- прилагат се в различни търговски канали заради различни видове услуги като съхраняване, водене на отчет и др.
 - зачитане- отстъпка по действащи цени, когато се дава старата стока при покупка на нова.

6. Изискванията за здравословни и безопасни условия на труд при работа с лазерна и оптична техника.

Регламентират се в **НАРЕДБА № 5 ОТ 11 ЮНИ 2010 Г. ЗА МИНИМАЛНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА ЗДРАВЕТО И БЕЗОПАСНОСТТА НА РАБОТЕЩИТЕ ПРИ РИСКОВЕ, СВЪРЗАНИ С ЕКСПОЗИЦИЯ НА ИЗКУСТВЕНИ ОПТИЧНИ ЛЪЧЕНИЯ**

Като спазва задълженията, които произтичат от Закона за здравословни и безопасни условия на труд (ЗЗБУТ), в случай на експозиция/облъчване/ на работещите на изкуствени оптични лъчения работодателят е длъжен да оцени и при необходимост да измери и/или изчисли вероятните нива на експозиция с цел да се определят и приложат мерките, необходими за ограничаване на облъчването.

Работодателят трябва:

- други методи на работа, при които рискът от излагане на оптични лъчения е по-нисък;

- изборът на подходящо работно оборудване, излъчващо по-малко оптични лъчения, като се отчита работата, която следва да се извърши;
- технически мерки за намаляване на емисията на оптични лъчения, включително, където е необходимо, използване на устройства за блокиране, екраниране или подобни механизми за защита на здравето;
- подходящи програми за поддръжка на работното оборудване, работните места и на системите на индивидуалните работни места;
- проектирането и разположението на работните места и на индивидуалните работни места;
- ограничаване на продължителността и нивото на експозиция;
- наличието на подходящи лични предпазни средства;
- инструкциите, предоставени от производителя на работното оборудване, когато то отговаря на разпоредбите на Закона за техническите изисквания към продуктите и другите нормативни актове за оценяване и удостоверяване съответствието на продуктите със съществените изисквания към тях.
- Границите на местата по ал. 4 се определят и достъпът до тях се ограничава, когато това е технически възможно и когато съществува риск от надвишаване на граничните стойности на експозиция.

"Оптични лъчения" са всички електромагнитни лъчения с дължина на вълната от 100 nm до 1 mm. Спектърът на оптичните лъчения се разделя на ултравиолетови лъчения, видими лъчения и инфрачервени лъчения:

а) "ултравиолетови лъчения" са оптични лъчения с дължина на вълната между 100 nm и 400 nm; ултравиолетовият диапазон се разделя на: UVA (315 - 400 nm), UVB (280 - 315 nm), UVC (100 - 280 nm);

б) "видими лъчения" са оптични лъчения с дължина на вълната между 380 nm и 780 nm;

в) "инфрачервени лъчения" са оптични лъчения с дължина на вълната между 780 nm и 1 mm; инфрачервеният диапазон се разделя на IRA (780 - 1400 nm), IRB (1400 - 3000 nm) и IRC (3000 nm - 1 mm).

2. "Лазер" (усилване на светлина чрез стимулирана емисия) е всяко устройство, което може да генерира или усилва електромагнитни лъчения в оптичния обхват с дължината на вълната предимно чрез процес на контролирано стимулирано излъчване.

3. "Лазерни лъчения" са оптични лъчения, излъчвани от лазер.

4. "Некохерентни лъчения" са всички оптични лъчения, с изключение на лазерните.

5. "Гранични стойности на експозиция" са граници на експозиция, които се базират на установени здравни ефекти и биологични основания. Съответствието с тези граници на експозиция гарантира, че работещите, изложени на изкуствени източници на оптични лъчения, са защитени от всички известни вредни ефекти за здравето.

6. "Облъченост" (E) или плътност на мощност е мощност на лъчението, падаща на единица площ от повърхност, изразена във ват на квадратен метър (Wm^{-2}).

7. "Енергетична доза" (H) (количество облъченост) е интеграл по времето от плътността на мощност, изразена в джаул на квадратен метър (Jm^{-2}).

8. "Плътност на мощност в единица пространствен ъгъл" (L) или лъчиста яркост е лъчист поток или мощност на лъчението в единица пространствен ъгъл на единица площ, изразена във ват на квадратен метър настерадиан ($Wm^{-2}sr^{-1}$).

9. "Ниво" е комбинацията от плътност на мощност, енергетична доза и облъчване, на които е изложен работещият.

Използвана литература:

1. Оптика и оптични уреди –Н. Иванчева, Д. Алахверджијева изд. Техника, София 1987г.
2. <https://pozitivmag.ru/bg/aksessuary/princip-deistviya-elektronno-luchevoi-trubki-kratko-primenenie/>