

## **Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»**

FTAMP 20.29.29  
ӘӨЖ: 621.373.826

DOI [10.53002/010](https://doi.org/10.53002/010)

Ж.Б. Ибраимов

*Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан  
(E-mail: zh.ibraimov@ttu.edu.kz)*

### **Лазердің физикасы түрлері, қасиеттері, жұмыс принциптері және қолданылуы**

Мақала лазерлік физика негіздеріне, оның ішінде олардың жұмыс істеу принциптеріне, түрлері мен бірегей қасиеттеріне арналған. Лазерлік сәулеленудің негізінде жатқан негізгі процестер, мысалы, абсорбция, өздігінен және ынталандырылған сәуле шығару, сондай-ақ когерентті жарықтың генерациясындағы резонатор. Газ, қатты күй, бояғыш және талшықты лазерлер сияқты әртүрлі лазер түрлерінің ерекшеліктері сипатталған. Оларды медицина, ғылым, өндіріс сияқты салаларда пайдалануға ерекше көңіл бөлінеді.

*Түйін сөздер:* лазер, ғылым, сәулелену, сіңіру, технология, қолдану, жұмыс істеу принципі.

#### *Кіріспе*

Лазердің өнертабысы 20 ғасырдағы ғылым мен техниканың ең көрнекті жетістіктерінің бірі деп санауға болады. Лазерлердің тарихы 1917 жылы Альберт Эйнштейннің теориялық болжамынан басталды, ал американдық физик Теодор Майман 1960 жылы алғашқы лазерді құрастырды. Салыстырмалы түрде қысқа уақыт ішінде лазерлердің көптеген түрлері жасалды, олардың әрқайсысы әртүрлі ғылыми-техникалық мәселелерді шешуде өзінің қолданылуын тапты. Лазерлер іргелі ғылым, медицина және өнеркәсіп сияқты салаларда қолданылады [1].

#### **1. Лазердің жұмыс принциптері**

Лазерлер когерентті, бағытталған, монохроматикалық жарық жасайтын құрылғылар. Олардың жұмысы бірнеше негізгі кезеңдерге бөлуге болатын бірегей физикалық процестерге негізделген:

Лазерлік жұмыстың негізгі принциптері:

**1.1. Энергияны сіңіру:** лазерлік процесс атомдарды немесе молекулаларды жоғары энергия деңгейлеріне қозғау үшін белсенді ортаға энергия беруден басталады. Бұл процесс сорғы деп аталады.

Сорғыны әртүрлі тәсілдермен жасауға болады:

1) Оптикалық айдау – энергия басқа лазерден немесе жарық көзінен жарық импульстері арқылы беріледі.

2) Электрлік айдау – электр разряды арқылы.

3) Химиялық айдау – энергия бөлетін химиялық реакция кезінде [2].

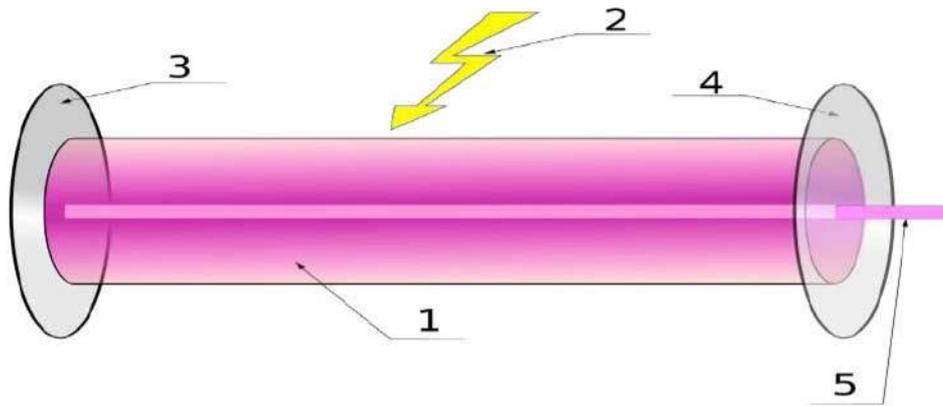
**1.2. Өздігінен сәуле шығару:** Қоздырылған атомға немесе молекулаға белгілі бір энергияның фотоны әсер еткенде, төменгі энергетикалық деңгейге ауысу орын алады және толқын ұзындығы, бағыты және фазасы бірдей басқа фотон шығарылады. Бұл процесс ынталандырылған эмиссия деп аталады.

**1.3. Резонатор:** лазерлік орта екі айна арасына орналастырылған. Бір айна жарықты толығымен көрсетеді, екіншісі оны жартылай өткізеді. Фотон бірнеше рет шағылысып, жаңа фотондардың шығарылуын ынталандырады. Жарық резонатор ішінде бірнеше рет шағылысып, белсенді ортадан өтіп, ынталандырылған сәулелену арқылы күшейеді. Бұл процесс оптикалық күшейту деп аталады.

**1.4. Лазерлік шығыс:** Жартылай мөлдір айна арқылы өтетін жарықтың бір бөлігі лазер сәулесін қалыптастыру үшін шығады. Бұл сәуле жоғары қарқындылығымен, бағыттылығымен және монохроматтылығымен ерекшеленеді, бұл оны ғылыми, медициналық және өндірістік мақсаттарға арналған бірегей құрал етеді. (Сурет 1).

Диаграммада көрсетілген: 1 – Белсенді орта, 2 – лазер айдау энергиясы, 3 – мөлдір емес айна, 4 – мөлдір айна, 5 – лазер сәулесі.

**Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»**



Сурет 1 – Лазерлік жұмыс диаграммасы.

**2. Лазердің түрлері**

Лазерлер белсенді заттың түрі, шығарылатын сәуленің толқын ұзындығы және қозу әдістері сияқты әртүрлі параметрлерге сәйкес жіктеледі. Лазерлердің негізгі санаттарына қатты күйдегі лазерлер (мысалы, рубин және Nd: YAG), газ лазерлері (соның ішінде CO<sub>2</sub>, гелий-неон және аргон), жартылай өткізгіш лазерлер (диод), бояғыш және оптикалық талшықты лазерлер жатады. Түсінікті болу үшін кестеге назар аударайық:

Кесте 1

Лазер түрлері

Лазер типі	Белсенді орта	Толқын ұзындығы	Ерекшелік	Қолданбалар
1	2	3	4	5
Ruby	Рубин кристалы	694нм (қою қызыл түс)	Импульстік режимде жұмыс істейтін лазердің бірінші түрі енгізілді (1960).	Ғылым (голография), косметология (татуировканы, сепкілдерді, картаю дақтарын кетіру).
Nd: YAG	Неодимді қоспасы бар алюминий-иттрий	1064нм (инфрақызыл жарық)	Жоғары қуатқа ие және импульстік режимде жұмыс істейді.	Материалдарды өңдеу, медицинада (хирургия, косметология), ғылыми зерттеулер.
CO <sub>2</sub>	Газ (көмірқышқыл газы)	9,6-дан 10,6 микронға дейін	80 кВт сәулеленуі бар ең қуатты лазер.	Өнеркәсіп (дәнекерлеу, кесу), медицина (хирургия).
Гелий - неон	Газ қоспасы (гелий және неон)	632,8нм (қызыл)	жоғары тұрақтылыққа ие.	Голография, зертханалық жұмыс, спектроскопия.
Аргон	Иондалған газ	488нм, 514нм	Жоғары қуат, күшті қарқындылық	Офтальмология, ғылыми зерттеулер.

## **Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»**

Диод	Диод негізінде жасалған жартылай өткізгіш.	808нм	Жоғары тиімділік, сенімділік.	Телекоммуникациялар, медицина (лазерлік эпиляция), сканерлер., медицина (лазерная эпиляция), сканеры.
Бояғыш лазерлер	Органикалық бояу (родамин, кумарин және т.б.)	470 -515нм (Кумарин 102), 540 – 600 (Родамин 110)	Толқын ұзындығын реттеу.	Спектроскопия, ғылыми зерттеулер.
Талшық	Элементтері бар оптикалық талшықтар (неодим, эрбий және т.б.)	780 -1100нм (Неодим), 1460 – 1640нм (Эрбий)	Сәуленің бетінен жылдам шағылысуы.	Өнеркәсіп (кесу, дәнекерлеу), медицина (физиотерапия)

### **3. Лазердің қасиеттері**

Лазерлердің кәдімгі жарық көздерінен ерекшеленетін бірқатар ерекше қасиеттері бар. Бұл сипаттамалар лазерлерді ғылымның, техниканың, медицинаның және басқа да салалардағы әртүрлі салаларда таптырмас етеді. Лазерлік сәулеленудің негізгі қасиеттерін қарастырайық.

#### **3.1. Үйлесімділік**

Лазерлік сәулелену лазер сәулесіндегі барлық фотондардың бір фазада болуын білдіреді. Лазер сәулесіндегі барлық фотондардың жиілігі бірдей, сәулеленуді монохроматикалық етеді, яғни толқын ұзындығы бірдей фотондардан тұрады. Бұл қасиет фазалық күйді ұзақ уақыт бойы тұрақты ұстауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде лазерлік интерферометрия сияқты салаларда лазерлерді пайдалану мүмкіндіктерін ашады.

Кеңістіктік когеренттілік: лазер сәулесінің фотондары бір бағытта қатаң қозғалып, тар және іс жүзінде ажырамайтын жарық шоғын құрайды. Бұл қасиет лазерлік сәулеленуді жоғары бағытты етеді, бұл сәуленің тіпті маңызды қашықтықтарда концентрациясын сақтауға мүмкіндік береді.

#### **3.2. Монохроматтылық**

Лазерлер толығымен дерлік бір ұзындықтағы толқындардан тұратын өте тар спектрлі жарық шығарады. Бұл қасиет монохроматикалық деп аталады. Мысалы, гелий-неон қоспасына негізделген лазер 632,8 нм толқын ұзындығымен генерациялайды, бұл қызыл түске сәйкес келеді. Қызыл лазерлер дисплейлер, белгілер және штрих-кодтарды оқу құралдары саласында кеңінен қолданылады. Монохроматтық спектроскопия сияқты салаларда маңызды рөл атқарады, мұнда затты дәл талдау белгілі бір жиіліктегі сәулеленуді қолдануды талап етеді.

#### **3.3 Қарқындылық**

Лазерлік сәулелену жоғары қарқындылықпен сипатталады. Ынталандырылған эмиссия әсерінің арқасында жарық тараған сайын фотондар саны артады, нәтижесінде айтарлықтай күшейеді. Бұл қасиет лазерлерге қуатты жарық сәулелерін жасауға мүмкіндік береді, олар кесу және дәнекерлеу материалдары, медициналық диагностика және терапия сияқты салаларда қолданылады. Сонымен қатар, лазерлік сәулеленудің қарқындылық деңгейін икемді түрде реттеуге болады - әлсіз сигналдардан жоғары энергия импульстарына дейін [3].

### **4. Қазіргі әлемде лазерлік технологияларды қолдану**

**4.1. Медицина:** Лазерлік технологияны қолдану медицинада айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізді, анықтау және емдеу әдістерін жетілдірді. Бұл құралдар дәрігерлерге процедураларды үлкен дәлдікпен және пациенттер үшін ең аз ыңғайсыздықпен орындауға мүмкіндік береді. Лазерлер хирургия, терапия, дерматология және басқа да бірқатар салаларда қолданылады. Хирургияда олар ісіктерді жою, аритмияны емдеу, көруді түзету, катаракта мен глаукоманы емдеу және басқа да көптеген салаларда қолданылады. Лазерлер терапияда қабыну, жараларды емдеу және тіндерді қалпына келтіру сияқты әртүрлі мәселелерді емдеу үшін қолданылады. Осы мақсатта лазерлердің диод,

## **Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»**

эрбий және неодим сияқты түрлері қолданылады, олардың әрқайсысының толқын ұзындығы және тінге әсер ету ерекшеліктері бар. Дерматологияда лазерлер аргон, диод және эрбиум сияқты әртүрлі лазер түрлерін қолдана отырып, тыртықтарды, меңдерді, сүйелдерді кетіру және безеуді емдеу үшін қолданылады.

**4.2. Өнеркәсіп:** Лазерлік технологиялар жоғары дәлдік, қуат, үйлесімділік және әртүрлі материалдармен жұмыс істеу қабілеті сияқты бірегей қасиеттеріне байланысты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Міне, оларды қолданудың негізгі бағыттары:

**Материалдарды өңдеу:** Қолданудың негізгі бағыттарының бірі кесу: CO<sub>2</sub> және талшықты лазерлер металды, пластикті, ағашты, шыныны және басқа материалдарды минималды бұрмалаумен тез және дәл кесуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, лазерлер дәнекерлеу үшін кеңінен қолданылады, бөлшектердің берік және дәл қосылуын қамтамасыз етеді, бұл әсіресе автомобиль және авиация өнеркәсібінде маңызды. Диодты және талшықты лазерлермен ою және таңбалау металл немесе пластмасса бетіне жазуларды, логотиптерді және сериялық нөмірлерді қолдануға мүмкіндік береді. Бұл процестердің барлығы жоғары жылдамдықпен, сенімділікпен және минималды қалдықпен сипатталады.

**Микроөңдеу:** Лазерлер жоғары дәлдікке және шағын өлшемдермен жұмыс істеу мүмкіндігіне байланысты микроөңдеуде кеңінен қолданылады. Олар баспа платаларында жұқа өткізгіш жолдарды жасау үшін және керамика мен металдарда микро тесіктерді бұрғылау үшін қолданылады. Тағы бір бағыт – микросұлбалар мен наноқұрылымдарды құру үшін маңызды болып табылатын қоршаған аумақтарды зақымдамай материалдың жұқа қабатын жоюға мүмкіндік беретін лазерлік абляция. Бұл технологиялар сұранысқа ие микроэлектроника және нанотехнология [4].

**4.3. Ғылым:** Лазерлерді ғылымда қолдану жоғары дәлдікке, қуаттылыққа және жиіліктердің кең ауқымында жұмыс істеу қабілетіне байланысты ғылыми зерттеулердің таптырмас құралы болып табылады. Оларды қолданудың кейбір салаларын қарастырайық:

**Физика және химия:** физикада лазерлер жарықтың дифракция және интерференция сияқты қасиеттерін зерттеу үшін, сондай-ақ атомдарды кванттық салқындату және гравитациялық толқындарды анықтау үшін қолданылады. Лазерлер гравитациялық толқындарды анықтау үшін лазерлік интерферометрияда LIGO жобасындағы сияқты қолданылады, мұнда оларды пайдалану шағын тербелістерді өлшеу үшін қажетті дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік берді. Химияда лазерлер спектроскопияда молекулалар мен химиялық реакцияларды талдау үшін, ал лазерлік катализаторларда химиялық процестерді белсендіру және басқару үшін қолданылады, тиімді синтез әдістерін құрудың жаңа жолдарын ашады.

**Астрономия және ғарышты зерттеу:** Астрономияда лазерлер қашықтықты анықтау үшін қолданылады, мысалы, олар лазерлік диапазонды пайдаланып Айға және басқа аспан денелеріне дейінгі қашықтықты дәл өлшеуге мүмкіндік береді. Ғарыштық зерттеулерде лазерлер астрономдарға алыстағы объектілердің анық суретін түсіруге мүмкіндік беретін Жер атмосферасы тудыратын бұрмалауларды түзетін адаптивті оптикалық жүйелерді құруда шешуші рөл атқарады [5].

### *Қорытынды*

Қорытындылай келе, лазерлер өмірдің сан алуан салаларына айтарлықтай әсер еткен ғылым мен техниканың маңызды жетістіктерінің бірі екенін айтқым келеді. Құрылғаннан бері олар медицинада, өнеркәсіпте, ғылымда және басқа да көптеген салаларда қолданыс тапты. Сәулеленудің когеренттілігі мен монохроматтығы сияқты ерекше қасиеттеріне байланысты лазерлер маңызды құралға айналды және белсенді түрде дамып келеді. Заманауи мәселелерді шешуде олардың маңызы зор және бұл үрдіс болашақта тек арта түседі [6].

### *Әдебиет тізімі*

1. Айрапетян В. С., Ушаков О. К. Лазерлер физикасы: оқулық. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 112–115. – ISBN 978-5-87693-528-1.
2. Борейшо А. С., Ивакин С. В. Лазерлер: құрылымы және жұмысы: оқу құралы. – СПб.: Лань, 2016. – 8 с. – ISBN 978-5-8114-2088-9.

## **Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»**

3. Бородина Е. Г., Лентовский В. В. Кванттық электроника негіздері: оқу құралы. – СПб.: Балтық мемлекеттік техникалық университеті, 2017. – 129 с. – ISBN 978-906920-89-8.
4. Минаев И. В., Сергеев А. Н., Кубанова А. Н., Добровольский Н. М., Гвоздев А. Е., Кутепов С. Н., Малий Д. В. Лазердің даму тарихы және оны қолдану // Чебышев жинағы. – 2019. – Т. 20, № 4. – Б. 427–428.
5. Сивухин Д. В. Жалпы физика курсы. Оптика. Т. 4: оқулық. – Мәскеу: Наука, 1985. – 748 б.
6. Лазер // Ғылыми-білім беру порталы: Ұлы орыс энциклопедиясы [Электрондық ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/lazer-430c3c>. – ISSN 2949-2076.

Ж.Б. Ибраимов

### **Физика лазера виды, свойства, принципы работы и применение**

Статья посвящена основам лазерной физики, включая принципы их работы, типы и уникальные свойства. Основные процессы, лежащие в основе лазерного излучения, такие как поглощение, спонтанное и стимулированное излучение, а также резонатор в генерации когерентного света. Описаны особенности различных типов лазеров, таких как газовые, твердотельные, красящие и волоконные лазеры. Особое внимание уделяется их использованию в таких областях, как медицина, наука, производство.

*Ключевые слова:* лазер, наука, излучение, поглощение, технология, применение, принцип работы.

#### References

1. Ayrapetyan V. S., Ushakov O. K. Lazerler fizikasy: okülyk. – Novosibirsk: SGGGA, 2012. – S. 112–115. – ISBN 978-5-87693-528-1.
2. Boreysho A. S., Ivakin S. V. Lazerler: qurylymy zhane zhumysy: oku quraly. – SPb.: Lan', 2016. – 8 s. – ISBN 978-5-8114-2088-9.
3. Borodina E. G., Lentovskiy V. V. Kvanttyq elektronika negizderi: oku quraly. – SPb.: Baltyq memlekettik tekhnikalыq universiteti, 2017. – 129 s. – ISBN 978-906920-89-8.
4. Minaev I. V., Sergeev A. N., Kubanova A. N., Dobvol'skiy N. M., Gvozdev A. E., Kutepov S. N., Maliy D. V. Lazerdin damu tarikhy zhane ony qoldanu // Chebyshev zhinagy. – 2019. – Т. 20, № 4. – Б. 427–428.
5. Sivukhin D. V. Zhalpy fizika kursy. Optika. Т. 4: okülyk. – Maskeu: Nauka, 1985. – 748 b.
6. Lazer // Ghylymi-bilim beru portaly: Uly orys entsiklopediiasy. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://bigenc.ru/c/lazer-430c3c>. – ISSN 2949-2076.