چالش

ماهنامه فوتونیک دانشگاه تبریز
سال چهارم/شماره نوزدهم/مهر ۱۴۰۳



بنام خالق بی همتا

بسم الله الرحمن الرحیم

ماهنامه علمی دانشجویی چالش رشته فوتونیک

سال چهارم/شماره نوزدهم/مهر ۱۴۰۳

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی فوتونیک دانشگاه تبریز

استادمشاور: دکتر بهروز رضائی

مدیرمسئول: امیرمحمدجامبر

شورای سردبیران: ایمان سرام - سارا تخمه چیان - حانیه پورفرتاش

هیئت تحریریه: علی بوالحسنی - مهرداد بهمن زیاری - زهرا بیانی
فاطمه حسنپور - سجاد حسین زاده - کوثر حسینی راد - امیررضا سلطانی
زهرا سیاحی - فاطمه عقلمندی - تینا لطفی

شماره مجوز: ۹۷۳ ک.ن.ت

ویراستار: امیرمحمدجامبر

طراح و صفحه آرا: امیرمحمد جامبر

با تشکر از جناب آقای دکتر بهروز رضائی، استاد مشاور انجمن
های علمی دانشکده فیزیک، و اساتید دانشکده فیزیک
که ما را در تهیه نشریه یاری نمودند.

چالش

راه های ارتباطی

photonic.of.2021@gmail.com

photonic_of_tabrizuniversity

فهرست

سخن آغازین ۴

ابر بشقاب پرنده ای ۵

امواج مغزی ۶

آشنایی با اثر جوزفسون ۹

سلول های خورشیدی پروسکایتی ۱۰

صدای کیهان ۱۱

کاربرد لیزر در دستگاه های تصفیه هوا ۱۴

یادگیری ماشین کوانتومی ۱۷

لیزرزایی بدون وارونگی ۲۱

نوبل ۲۴ ..... ۲۷

Interferometrie 32

3Boyutlu yazıcı nedir? 35

Optical quantum logic gates based on photonic qubits 37

سخن آغازین

بنام خداوند آفریننده نور

ضمن عرض سلام به همه خوانندگان محترم نشریه چالش

نشریه چالش در سال ۱۴۰۰ مجوز شروع به فعالیت خود را گرفته است و با تلاش دانشجویان علاقمند به رشته فوتونیک برای معرفی هر چه بهتر این رشته قدم برمی دارد.

خوشحالیم که خداوند این توفیق را برای ما داد تا در نوزدهمین شماره نشریه چالش در خدمت شما عزیزان باشیم. در این شماره مطالبی که مطالعه می کنید شامل آشنایی با ابرهای بشقاب پرنده‌ای، اثر جوزفسون، امواج مغزی، صدای کیهان، سلول های خورشیدی پروسکایتی، کاربرد لیزر در دستگاه های تصفیه هوا، یادگیری ماشین کوانتومی و لیزرزایی بدون وارونگی می باشد.

همچنین قسمت جالب این شماره مصاحبه با چت جی بی تی در خصوص نوبل امسال می باشد که با عنوان نوبل ۲۴ منتشر شده است. و در نهایت این شماره هم طبق روال گذشته در پایان با مقاله های زبان خارجی که در مورد مباحث مختلف فوتونیک می باشد خاتمه یافته است.

در نهایت وظیفه خود می دانم از تمامی عزیزانی که ما را در تهیه نشریه یاری نمودند به ویژه از جناب آقای دکتر بهروز رضائی، استاد مشاور انجمن، اعضای هیئت تحریریه نهایت قدردانی را بجا آورده باشم.

امیرمحمد جامبر

مدیر مسئول نشریه چالش

ابر بشقاب پرنده ای

کوثر حسینی راد/دانشجوی کارشناسی
فیزیک/دانشگاه‌تبریز

تعریف

نام علمی این ابرها، ابرهای عدسی‌گون (lenticular clouds) است. پدیده عجیبی که اخیرا در کیپ تاون مشاهده شده است. این پدیده علیرغم ظاهر عجیبش، دلیل ساده‌ای دارد.

این ابرها به دلیل شکل خاصشان، ابرهای یوفو نیز نامیده می‌شوند اما هواشناسان آن را ابرهای عدسی گون می‌نامند. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که بادهای شدید و مرطوب بر روی زمین‌های ناهموار مانند کوه‌ها و دره‌ها، می‌وزد. این همان پدیده‌ای است که در کیپ تاون و در بالای کوه ۱۰۶۶ متری Table Mountain اتفاق افتاده است.

نحوه‌تشکیل

هنگامی که هوا در سرتاسر یک رشته‌کوه می‌دمد، در شرایط خاص می‌تواند دنباله‌ای از امواج ایستاده بزرگ را در هوای پایین‌دست ایجاد کند. تقریبا شبیه ریزموج‌هایی که هنگام جریان یافتن آب رودخانه بر روی یک مانع شکل می‌گیرند. اگر رطوبت کافی در هوا وجود داشته باشد، حرکت بالارونده این موج باعث متراکم شدن بخار آب و تشکیل ابرهای عدس‌گون با ظاهری منحصر به فرد می‌شود.

وزش باد موجب می‌شود که ابرها به شکل دیسک، منقبض شوند و در جهت وزش باد به صورت عمودی شکل بگیرند.

این ابرها از نوع استراتوکومولوس هستند که به دلیل وزن و شکل، ابرهای عدس‌گون نامیده می شوند.

تعداد زیادی از گزارش‌های اخیر مربوط به مشاهده اشیای ناشناس پرنده در واقع همین ابرهای عدسگون بوده‌اند که ممکن است در هر جایی از جهان، دیده شوند. دسته‌ی دیگری از این گزارشات، پنجره ابرها (hole-punch clouds) هستند که معمولا با یوفوها یا همان بشقاب پرنده‌ها اشتباه گرفته می‌شوند.

منابع

1. https://www.kojaro.com





امواج مغزی

فاطمه حسنپور/دانشجوی کارشناسی
فیزیک/دانشگاه تبریز

مقدمه

مغز انسان دارای سلول‌های عصبی به نام نورون است، که وظیفه ارتباط مغز با سایر قسمت‌های بدن را به عهده دارد. مغز توسط این سلول‌ها و پیام‌های عصبی آن ها با سراسر بدن ارتباط برقرار می کند.

رد و بدل شدن این پیام‌های عصبی بین دو سلول جریان الکتریکی ایجاد می کند و باعث شکل گیری امواج مغزی می شود.

امواج مغزی ولتاژهای الکتریکی نوسانی در مغز هستند که اندازه آن ها تنها چند میلیونم ولت است. این امواج براساس فرکانس به پنج دسته تقسیم می شوند که در ادامه به توضیح بیشتر درمورد انواع آن ها خواهیم پرداخت.

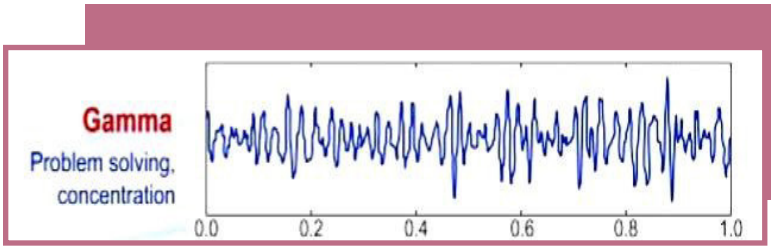
انواع امواج مغزی

۱.امواج گاما

پهنای فرکانسی: بیش از ۳۵ هرتز

امواج گاما سریع ترین امواج مغزی درنظر گرفته می شوند و دارای فرکانس بالایی هستند. این امواج مسئول عملکرد هوشیاری، یادگیری، حافظه و پردازش اطلاعات می باشند، به عنوان مثال زمانی که شما به شدت متمرکز هستید و مغز شما به طور فعال درگیر حل یک مسئله پیچیده است، زمانی است که مغز درحال تولید فرکانس گاما می باشد.

در نوار مغزی یا الکترونسفالوگرافی (امواج مغزی ثبت شده) برجستگی موج گاما نشان دهنده اضطراب زیاد و استرس است. این در حالی است که سرکوب و فرونشانی آن می تواند نشان دهنده نقص در توجه، اختلال بیش فعالی(ADHD)، افسردگی و ناتوانی های یادگیری باشد. در شرایط مطلوب امواج گاما به توجه، تمرکز، عملکرد حواس (بویایی، بینایی و شنوایی)، هوشیاری، پردازش ذهنی و ادراک کمک می کند.



شکل ۱: امواج گاما مغز

۲.امواج بتا

پهنای فرکانسی: تقریبا بین ۱۲ تا ۳۵ هرتز

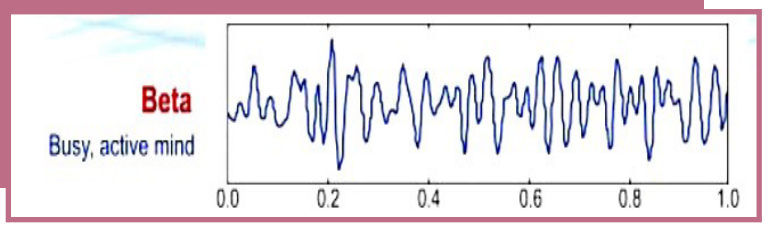
امواج بتا، امواج مغزی با فرکانس بالا و دامنه کم هستند که معمولا در حالت بیداری و سطح هوشیاری کامل مشاهده می شوند. این امواج مربوط به ضمیر خودآگاه، فکر کردن آگاهانه و تفکر منطقی هستند. داشتن مقدار مناسب امواج بتا به ما امکان تمرکز کافی می دهد.

در نوار مغزی برجستگی این موج باعث اضطراب، برانگیختگی زیاد، ناتوانی در آرامش و استرس می شود، در حالی که فرونشانی آن می تواند منجر به بیش فعالی(ADHD)، خیال پردازی، افسردگی و ضعف در ادراک شود. در شرایط مطلوب امواج بتا به تمرکز آگاهانه، حافظه و حل مسئله کمک می کند. این امواج را می توان به سه دسته خاص تقسیم کرد:

امواج بتا پایین (۱۲ تا ۱۵ هرتز): به عنوان امواج بتا یک شناخته می شود و بیشتر با تمرکز آرام، متمرکز و درونگرا همراه است.

امواج بتا میان برد (۱۵تا ۲۰ هرتز): به عنوان امواج بتا دو شناخته می شود و با افزایش انرژی، اضطراب و عملکرد و اجرا مرتبط است.

امواج بتا بالا (۱۸ تا ۴۰ هرتز): به عنوان امواج بتا سه شناخته می شود و با استرس، اضطراب، پارانویا(اختلال بی اعتمادی)، انرژی بالا و برانگیختگی بالا همراه است.

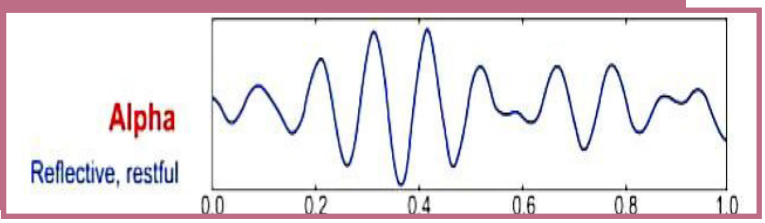


شکل ۲: امواج بتا مغز

۳.امواج آلفا

پهنای فرکانسی: بین ۸ تا ۱۲ هرتز

امواج آلفا محدوده فرکانسی بین بتا و تتا دارند. این امواج مربوط به کاهش اضطراب، آرامش، تمرکز، هوشیاری، یادگیری، تقویت سیستم ایمنی، تفکر مثبت، یکپارچگی ذهن و بدن، شهود، درون اندیشی، تعادل هیجانی، آگاهی درونی و افزایش ترشح سروتونین مفید است. در زمان استراحت و آرامش کافی و زمانی که چشم ها بسته می شود ولی شخص نخوابیده است این موج غالب می شود. لذا این امواج به طور برجسته در حالت رویاپردازی و آرامش بسیار یافت می شوند. سرکوب و فرونشانی این امواج می تواند باعث اضطراب، استرس بالا و بی خوابی شود. هنگامی که امواج آلفا به طور کافی در مغز تولید شوند، منجر به یک حالت آرام و درعین حال بیدار خواهد بود.



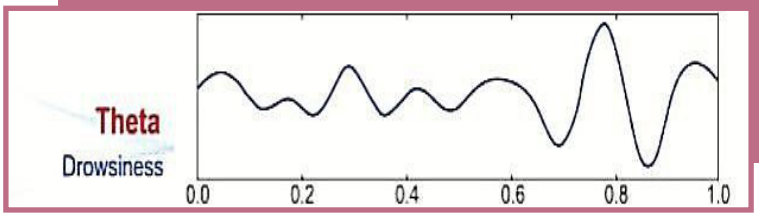
شکل ۳: امواج آلفا مغز

۴.امواج تتا

پهنای فرکانسی: بین ۴ تا ۸ هرتز

موج تتا، از امواج آلفا و بتا آرام تر بوده و دامنه بزرگ تری دارد. این امواج در ناحیه گیجگاهی مغز است. در لحظات اولیه خواب، امواج مغز در حالت تتا قرار می گیرد. موج تتا قبل از رفتن به مرحله خواب عمیق(محدوده موج دلتا) فعال است و تقریبا حالتی بین خواب و بیداری می باشد. همچنین این امواج در هنگام مدیتیشن بیشترین فعالیت را دارند و درواقع این امواج مربوط به آرامش عمیق و تمرکز و فوکوس درونی می باشد.

افسردگی، بیش فعالی(ADHD) و بی توجهی زمانی که امواج تتا برجسته هستند مشاهده می شود. زمانی که سرکوب شوند، اضطراب، آگاهی عاطفی ضعیف و استرس قابل مشاهده خواهد بود. در حالت بهینه و مناسب، تتا به خلاقیت، ارتباط عاطفی، شهود و آرامش کمک می کند. امواج تتا دارای مزایایی هستند که به بهبود شهود و درک مطلب به ما کمک می کنند و باعث می شوند احساس طبیعی تری داشته باشیم. همچنین این امواج در خواب ترمیمی نقش بسزایی دارند.



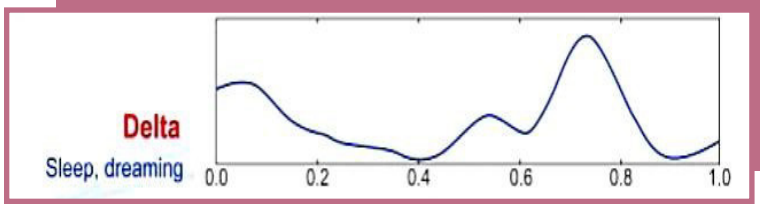
شکل ۴: امواج تتا مغز

۵.امواج دلتا

پهنای فرکانسی: بین ۰/۵ تا ۴ هرتز

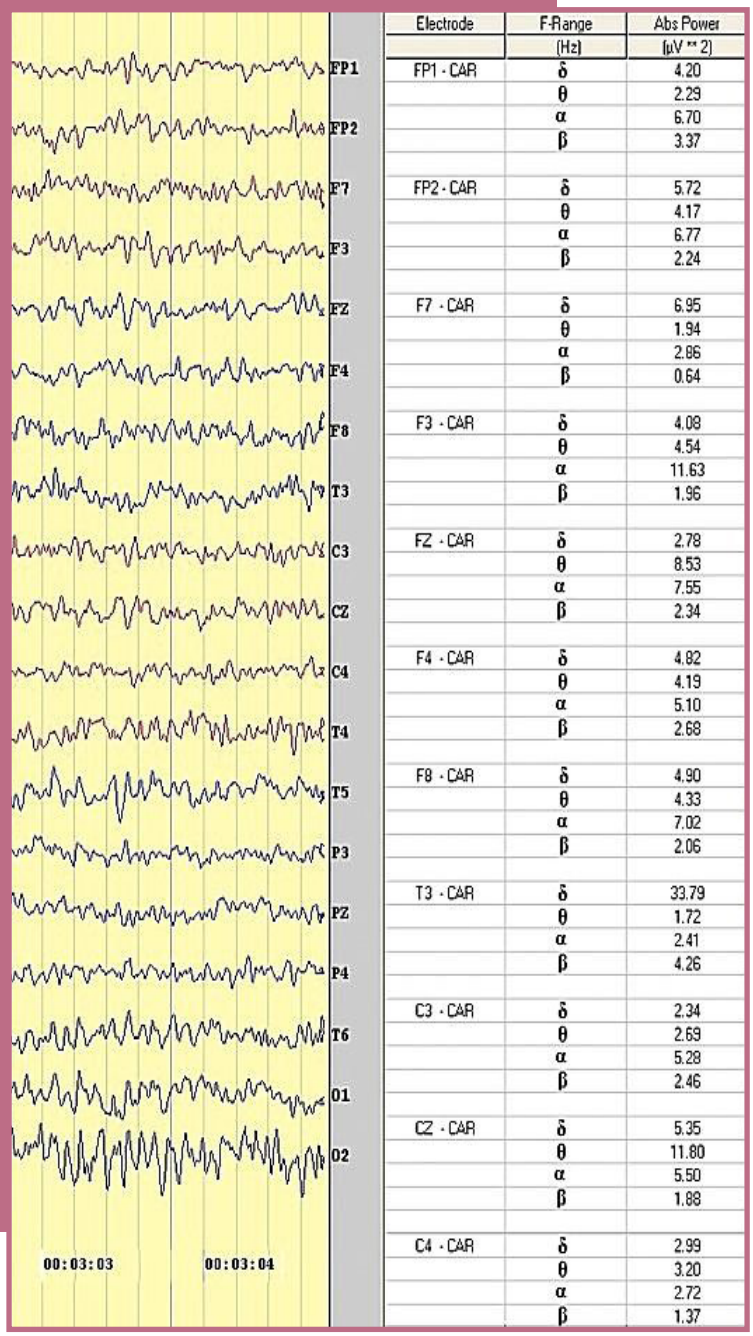
امواج دلتا معروف به امواج خواب، کندترین امواج مغزی ثبت شده در انسان می باشند. آن ها اغلب در نوزادان و کودکان خردسال به خصوص نوزادان زیر شش ماه مشاهده می شوند و با عمیق ترین سطوح آرامش و خواب ترمیمی و شفابخش مرتبط هستند. فرکانس این امواج هرگز به صفر نمی رسد، زیرا داشتن فرکانس صفر به معنای مردن است. با تغییر فرکانس مغز از موج تتا به موج دلتا انسان وارد مرحله خواب عمیق خواهد شد، لذا این موج مربوط به بخش ناخودآگاه مغز می باشد.

برجستگی موج دلتا منجر به آسیب های مغزی، مشکلات یادگیری، ناتوانی در تفکر و بیش فعالی(ADHD) شدید می باشد. سرکوب و فرونشانی این موج، منجر به ناتوانی در جوانسازی بدن و احیای مغز و کم خوابی می شود. تولید کافی امواج دلتا به ما کمک می کند تا احساس جوانی کامل داشته باشیم و سیستم ایمنی بدن، بهبودی طبیعی و خواب ترمیمی/عمیق را تقویت کنیم.



شکل ۵: امواج دلتا مغز

شکل ۶ نمونه ای از باند داده یک نوار مغزی (EEG) با مدت زمان ۲ ثانیه با مقادیر توان مطلق آن برای سیگنال های دلتا، تتا، آلفا و بتا را نشان می دهد.

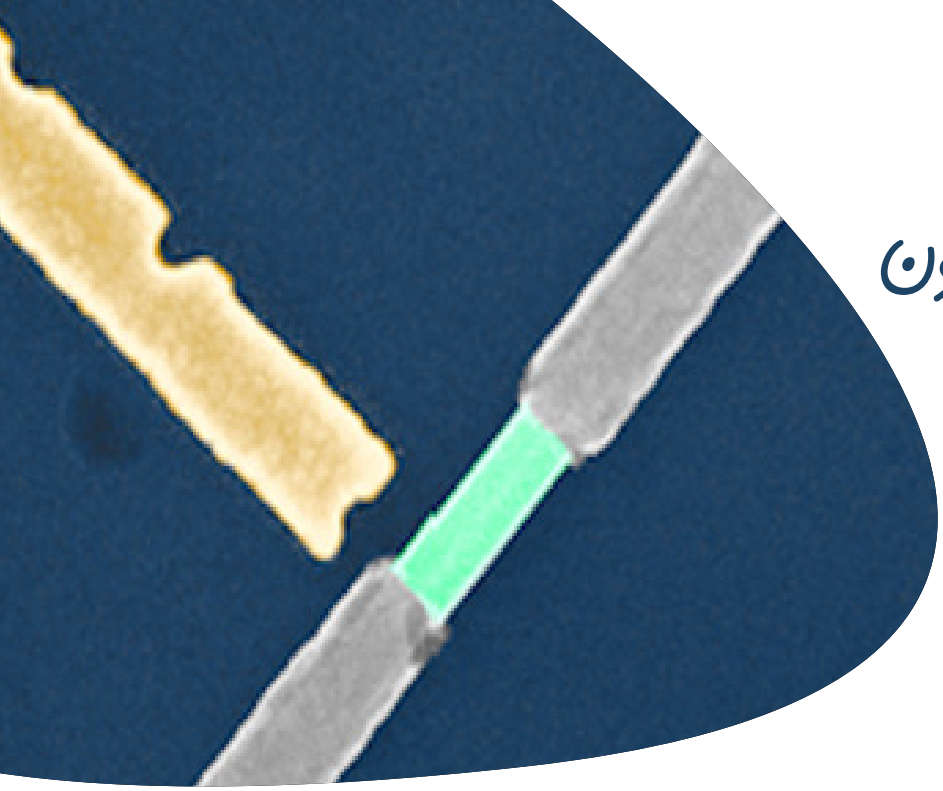


Electrode	F-Range (Hz)	Abs Power (µV ** 2)
FP1 - CAR	δ	4.20
	θ	2.29
	α	6.70
	β	3.37
FP2 - CAR	δ	5.72
	θ	4.17
	α	6.77
	β	2.24
F7 - CAR	δ	6.95
	θ	1.94
	α	2.86
	β	0.64
F3 - CAR	δ	4.08
	θ	4.54
	α	11.63
	β	1.96
FZ - CAR	δ	2.78
	θ	8.53
	α	7.55
	β	2.34
F4 - CAR	δ	4.82
	θ	4.19
	α	5.10
	β	2.68
F8 - CAR	δ	4.90
	θ	4.33
	α	7.02
	β	2.06
T3 - CAR	δ	33.79
	θ	1.72
	α	2.41
	β	4.26
C3 - CAR	δ	2.34
	θ	2.69
	α	5.28
	β	2.46
CZ - CAR	δ	5.35
	θ	11.80
	α	5.50
	β	1.88
C4 - CAR	δ	2.99
	θ	3.20
	α	2.72
	β	1.37

شکل ۶: نوار مغزی

منبع

1. Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition Book 2016 Authors: Priyanka A. Abhang, Bharti W. Gawali and Suresh C. Mehrotra

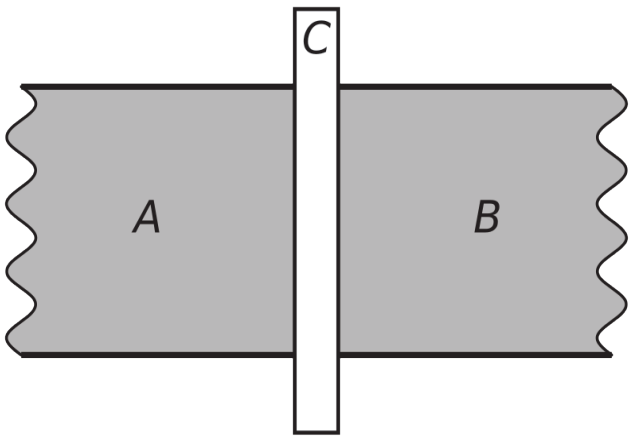


آشنایی با اثر جوزفسون

زهرا سیاحی/دانشجوی کارشناسی فیزیک/دانشگاه تبریز

مقدمه

اثر جوزفسون نمونه ای از پدیده‌های کوانتومی ماکروسکوپی است. این اثر به افتخار نام فیزیکدان انگلیسی برایان دیوید جوزفسون که در سال ۱۹۶۲ روابط ریاضی را برای جریان و ولتاژ موجود در پیوند ضعیف پیش بینی کرد نام گذاری شده‌است. اثر جوزفسون نوع DC در آزمایشات قبل از ۱۹۶۲ دیده شده بود، اما به نواقص موجود در مانع عایق نسبت داده شده بود که ضخامت بسیار کمی داشت و موجب اتصال ابر رساناها می‌شد. اولین مقاله برای ادعای کشف اثر جوزفسون و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی لازم، مقاله فیلیپ اندرسون و جان روول بود.



اثر جوزفسون

اثر جوزفسون نوعی ابرجریان (جریانی که تا ابد و بدون هیچ گونه ولتاژ اعمال شده‌ای جریان می‌یابد) است که در دستگاه معروف به اتصال جوزفسون (JJ)، جریان دارد. این دستگاه از دو یا چند ابر رسانا با یک پیوند ضعیف تشکیل شده‌است. پیوند ضعیف می‌تواند از یک مانع عایق نازک (معروف به اتصالات ابررسانا-عایق -ابررسانا یا SIS)، یک برش نازک از فلز غیر ابر رسانا (SNS) یا یک محدودیت فیزیکی باشد که باعث می‌شود ابر رسانایی در نقطه تماس تضعیف شود.

قبل از پیش بینی جوزفسون، فقط معلوم بود که الکترون های عادی (یعنی غیر ابررسانایی) با استفاده از تونل کوانتومی می‌توانند از مانع عایق عبور کنند. جوزفسون اولین کسی بود که تونل زدن جفت‌های ابررسانایی کوپر را پیش بینی کرد. برای این کار، جوزفسون در سال ۱۹۷۳ جایزه نوبل فیزیک را دریافت نمود. اتصالات جوزفسون کاربردهای مهمی در مدارهای مکانیکی کوانتومی، مانند SQUIDs، کیوبیت‌های ابررسانایی و الکترونیک دیجیتال RSFQ دارد. استاندارد NIST برای یک ولت با آرایه ای از ۲۰۲۰ عدد اتصال جوزفسون به صورت سری به دست می‌آید.

انرژی جوزفسون

انرژی جوزفسون انرژی پتانسیل انباشته شده در محل اتصال جوزفسون هنگامی که یک ابرجریان از درون آن جریان می‌یابد است. می‌توان از اتصالات جوزفسون به عنوان یک القاگر غیرخطی که با انباشت جریان از طریق آن، انرژی (میدان مغناطیسی) تجمع می‌یابد، برخورد کرد. برخلاف یک القای واقعی، هیچ میدان مغناطیسی توسط یک ابرجریان در محل اتصال جوزفسون ایجاد نمی‌شود، انرژی انباشته شده انرژی جوزفسون است.

منابع

1. Https://fa.wikipedia.org
2. Https://www.psi.ir

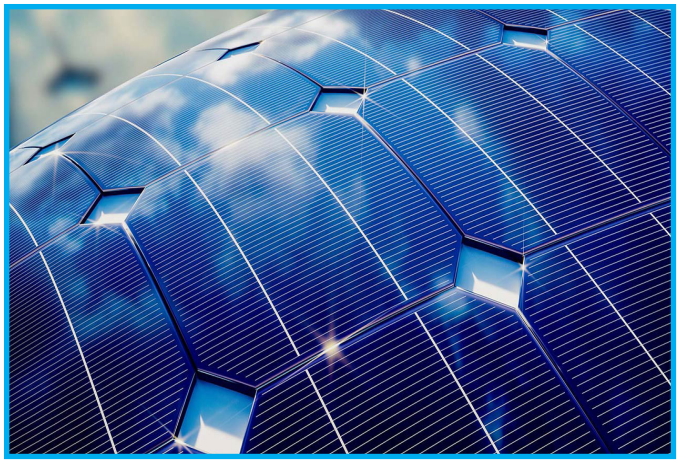
سلول های خورشیدی پروسکایتی

سجاد حسین زاده/دانشجوی کارشناسی
فیزیک/دانشگاه‌تبریز

مقدمه

جمعیت جهان هر لحظه در حال افزایش است و این روند صعودی با خود افزایش مصرف انرژی را به ارمغان می‌آورد. در حال حاضر بیشتر انرژی مورد نیاز بشر از طریق منابع تجدیدناپذیر مانند نفت،گاز و زغال سنگ تامین می‌شود و طولی نخواهد کشید که این گنجینه الهی به پایان برسد و جهان را با بحران انرژی رو به رو کند از این رو همواره دانشمندان به دنبال منابعی غنی از انرژی پاک ، سبز و پایدار برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده انرژی جهانی هستند. تا با جایگزین کردن آن ها از بحران ها و جنگ های آینده جلوگیری کنند.

خورشید یک منبع عظیم و سرشار از انرژی است که سال هاست ذهن دانشمندان را به خود مشغول کرده. این منبع شگفت انگیز در هر ثانیه حدود ۱۰۰۰ ژول انرژی به هر متر مربع از سطح زمین منتقل می‌کند. محققان برای استخراج انرژی به این عظمت روش های گوناگون زیادی را پیشنهاد داده‌اند. که در بین این روش ها دستگاه های فتوولتائیک بیشتر توجهات را به سمت خود جلب کرده است. سلول های خورشیدی قطعاتی الکترونیکی است که به وسیله اثر فتوولتائیک نور خورشید را به صورت مستقیم به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. دانشمندان معمولا سلول های خورشیدی را به سه نسل دسته بندی می‌کنند سلول های خورشیدی نسل اول مبتنی بر ویفر ، سلول های خورشیدی نسل دوم بر پایه ی لایه های نازک و سلول های خورشیدی نسل سوم که از ساختارهای آلی تشکیل شده‌اند. سال هاست که از سلول های خورشیدی نسل اول و دوم استفاده می‌شود، با این حال هزینه های بالا و فناوری آماده سازی پیچیده استفاده از آن ها را محدود کرده است و دانشمندان را به سمت مواد جدید برای ساخت سلول های خورشیدی سوق داده است. کانی پروسکایت



اولین بار در سال ۱۸۳۹ توسط گوستاو رز در کوه های اورال روسیه کشف شد این زمین شناس به افتخار نجیب زاده روس ، لوپروسکی آن را پروسکایت نامگذاری کرد. حدود دو قرن بعد در سال ۲۰۰۹ محقق ژاپنی به نام تسوتومو میاساکا پی برد که برخی از پروسکایت ها جاذب موثر نور هستند این کشف نقطه شروع سلول های خورشیدی بر پایه پروسکایت شد و طوفانی از فعالیت های تحقیقاتی را آغاز کرد. سیل تحقیقات و انتشار هزاران مقاله علمی، سلول های خورشیدی پروسکایت را به سمت بازده‌ی ۳۰ درصدی در آزمایشگاه سوق داد و همچنین هزینه ساخت و آماده سازی بسیار اندک این سلول توجهات زیادی را از نظر تجاری به خود جلب کرد. تحقیقات گسترده به محققان کمک کرد تا به ویژگی های منحصر بفرد و ذاتی مواد پروسکایت از جمله ضریب جذب بالا ، طول انتشار حامل طولانی و مقاوم بودن در برابر نقص پی ببرند. ترکیب این ویژگی ها این پتانسیل را به سلول های خورشیدی پروسکایت می‌دهد تا در آینده سهم عظیمی از بازار انرژی را بدست بگیرد اما برای تبدیل شدن این سلول ها به یک جایگزین برای منابع تجدید ناپذیر هنوز چالش های بزرگی مانند عدم پایداری در زیر نور ، کاهش پایداری با افزایش دما و آسیب پذیری در برابر رطوبت پیش روی محققان است با این حال آن ها پیوسته در تلاش‌اند تا با رفع نقایص اساسی مسیر تجاری سازی سلول های پروسکایتی را هموار کرده و محصولی با دوام و با کیفیت، در خدمت جامعه بشری قرار دهند.

وقتی صحبت از تولید انرژی می شود مهم ترین عامل هزینه هست سلول های خورشیدی پروسکایتی ارزان قیمت و پایدار می‌توانند توقعات بازار را برآورده کنند و از لحاظ اقتصادی از سوخت های فسیلی پیشی بگیرند. همان طور که تاریخ به ما نشان داده است اقدامات سیاسی در مورد تغییرات دمای کره زمین تا حد زیادی بی اثر بوده است به همین دلیل دانشمندان امیدوارند با جایگزینی منابع پاک و تجدید پذیر حیات را در کره زمین از سراشیبی نابودی نجات دهند.

منابع

1. https://fa.m.wikipedia.org
2. https://pvd.ir
3. https://textile.nanoindustry.ir



صدای کیهان

تینا لطفی/دانشجوی کارشناسی
فیزیک/دانشگاه‌تبریز

مقدمه

تا اکنون به این فکر کرده‌اید اگر صدای محیط اطراف خود را نشنوید چه احساسی پیدا می‌کنید؟ حال فکر کنید سفری هیجان‌انگیزی دارید که صدایی را نمی‌شنوید این موضوع حتما برای برخی از افراد جذاب یا عذاب‌آور خواهد بود.

اما در فضا صدایی شنیده نمی‌شود. چراکه صدا یک موج صوتی است، این امواج برای شنیده شدن باید در محیطی منتشر شوند که در آن ماده وجود داشته‌باشد. فرقی هم نمی کند که این ماده از چه جنسی باشد. می‌توان گفت: یک سکوت مطلق تمام فضا را فرا گرفته است.

صوت به کمک ذرات ماده منتقل می شود یعنی جایی که هیچ ماده‌ای وجود ندارد موج صوتی نمی تواند حرکت کند و در نتیجه شنیده‌نخواهدشد.

در فضا خلا وجود دارد یعنی ماده ای نیست که بتواند موج صوتی را منتقل کند چون فضا بسیار بزرگ و فاصله ستاره‌ها و سیاره‌ها از هم خیلی زیاد است. محیط‌های بین آن ها به طور کامل خالی از هر ماده ای است و به اصطلاح می گویند در فضا خلا وجود دارد.

در نتیجه موج صوتی نمی تواند توسط ذرات ماده دست‌به‌دست شود و هرگز شنیده نمی شود، البته این شانس بزرگی است، چراکه اگر قرار بود صوت در فضا شنیده شود، به احتمال زیاد همه ما تا کنون از شنیدن صدای انفجارهای هسته‌ای داخل خورشید کَر شده‌بودیم.

در فضا هیچ‌کس نمی‌تواند صدای جیغتان را بشنود. اما به‌نظر می‌رسد که می‌توان صوت را هم در خلا به‌جریان انداخت. امواج صوتی امواجی مکانیکی‌اند و همان‌طور که می‌دانید برای انتشار امواج مکانیکی به‌محیط مادی نیاز است، پس کاملا با عقل جور می‌آید که این‌امواج نتوانند در فضای خالی جریان داشته باشند، چرا که هیچ ذره‌ای برای ارتعاش وجود ندارد.

صدا مجموعه‌ای از امواج صوتی است که برای شنیده شدن باید در فضایی در آن ماده وجود دارد منتشر شود، البته فرقی نمی کند که جنس این ماده چه چیزی باشد. چیزی که روی زمین باعث می‌شود صداهای مختلف به گوش ما برسد، مولکول‌های هوا هستند که با به ارتعاش درآمدن، موج صدا را منتقل می کنند. بنابراین جایی که هیچ نوع ماده‌ای وجود نداشته باشد، امواج صوتی قادر به جابجایی نیستند و در نتیجه صدایی شنیده نمی‌شود.

امواج صوتی پس از منتشر شدن از مبدا، توسط مواد منتقل می‌شوند. یکی از ویژگی‌های انرژی صوتی این است که هر چه از طریق مواد جلوتر برود، انرژی آن کمتر می‌شود. به همین دلیل است که صداهای نزدیک را راحت‌تر و با کیفیت بهتر می‌شنویم و صداهای دور برای ما واضح نیست.





اگرچه ستاره‌ها و سیاره‌های موجود در فضا ماده هستند، اما از آن جایی که فضا بسیار بزرگ است و فاصله بین ستاره‌ها و سیاره‌ها از یکدیگر بسیار زیاد است، فضای بین آن‌ها خالی از هر ماده‌ای است و به اصطلاح علمی می‌گویند در فضا خلأ وجود دارد. در نتیجه امواج صوتی قادر به انتقال پیدا کردن نیست و هیچ صدایی در فضا شنیده نمی‌شود.

صدا در منظومه شمسی

با وجود همه این استدلالات فیزیکی، دانشمندان همچنان مایلند بدانند که صدای انسان مثلا در سیاره‌های همسایه مانند زهره یا مریخ چگونه شنیده می‌شود.

دمای مریخ معمولا زیر نقطه انجماد است و جوّ آن نیز نازک و غیر قابل تنفس است. وضعیت سیاره زهره از این هم بدتر است. هوای آن به اندازه‌ای گرم است که سرب را ذوب می کند و جو غلیظی از دی اکسید کربن دارد.

به همین دلیل دانشمندان بر این باورند که صدای انسان احتمالا در سیاره مریخ ریز و توخالی است (مانند صدای یک پیکولو) و در سیاره زهره، زیر و بم صدای انسان عمیق‌تر خواهد بود (مانند صدای یک گیتار باس قوی).

صدا در اعماق فضا

اگرچه فضا را خلا پوشانده و به همین دلیل صدای معمولی نمی‌تواند از آن عبور کند، اما در واقع یک خلا کامل نیست و ذرات زیادی در آن شناور است.

فراتر از سیاره زمین و جوّ آن، به طور متوسط در هر یک سانتی‌متر مکعب معمولی (به اندازه یک حبه قند) پنج ذره وجود دارد که عمدتا اتم‌های هیدروژن هستند. این در حالی است که هوایی که تنفس می‌کنید ۱۰ میلیارد میلیارد برابر متراکم‌تر است.

چگالی در حفره‌های وسیع بین کهکشان‌ها از این هم کمتر و یک میلیون بار پایین‌تر است و به همین دلیل این مکان‌ها به طرز خارق‌العاده‌ای خالی هستند.

این فضاهای خالی، توسط تابش ستارگان بسیار گرم نگه داشته می‌شوند و ماده بسیار پراکنده یافت شده در چنین مناطقی پلاسما نام دارد.

پلاسما گازی است که در محیط آن، الکترون‌ها از پروتون‌ها جدا می‌شوند. در پلاسما، فیزیک امواج صوتی، پیچیده می‌شود و امواج در محیطی با این چگالی فوق‌العاده پایین، بسیار سریع‌تر حرکت می‌کنند و طول موج آن‌ها بسیار طولانی‌تر است.

ناسا در سال ۲۰۲۲ میلادی نمونه‌ای از صدایی را که در فضا وجود دارد، منتشر کرد. در این آزمایش، از داده‌های پرتو ایکس برای ضبط این صدا استفاده شد و نشان داد که چگونه یک سیاهچاله عظیم، پلاسما را در ابرخوشه کهکشانی پرسئوس (در فاصله ۲۵۰ میلیون سال نوری از زمین) به هم می‌زند.

خود سیاهچاله صدایی از خود ساطع نمی‌کند، اما پلاسمای پراکنده در اطراف آن، امواج صوتی با طول موج بسیار طولانی را حمل می‌کنند.

در این تجربه، صدای طبیعی که از فضا به دست آمد دارای فرکانس بسیار پایینی است که گوش انسان نمی‌تواند آن را بشنود. اما پس از بالا بردن فرکانس تا اندازه محدوده شنیداری انسان، صدایی شبیه غرغر سیاهچاله در اعماق فضا شنیده شد.

ضبط صدا از طریق میکروفون کاوشگر و سازه‌هایی که توسط انسان به فضا فرستاده می‌شود صورت می‌گیرد یا با شبیه‌سازی/تبدیل صدا بر اساس داده‌های امواج پلاسما، امواج مغناطیسی، امواج گرانشی و امواج ضربه‌ای به صداهای قابل شنیدن توسط گوش انسان.

در شیوه تبدیل داده‌ها به صدا اطلاعات رسیده، مرتب شده، به هر لایه از آن‌ها یک بازه فرکانسی خاص نسبت داده می‌شود. به گونه‌ای که برای نمونه، پایین‌ترین فرکانس‌ها نشان دهنده اطلاعات مربوط به ماده تاریک‌اند بالاترین فرکانس‌ها به پرتو ایکس اشاره دارند و فرکانس‌های میانه هم به تصاویر مخابره شده از تلسکوپ هابل مربوط است.

منابع

1. https://www.khabaronline.ir/news/
2. https://home.mehromah.ir/mehromah-learn/

کاربرد لیزر در دستگاه های تصفیه هوا

امیررضا سلطانی/دانشجوی کارشناسی
فیزیک‌مهندسی/دانشگاه‌تبریز



مقدمه

با پیشرفت فناوری و زندگی ماشینی، آلاینده ها و ذرات معلق بسیاری باعث آلودگی هوای شهر های بزرگ شده و زندگی انسان ها و ساکنین این شهرها را خصوصا در فصل سرما و پدیده وارونگی هوا از نظر سلامت تنفس به مخاطره می اندازد. از همین رو یکی از مواردی که باید به آن توجه کرد مراقبت هایی است که می تواند کیفیت هوای محیط زندگی انسان را در مسیر ارتقا سلامت بهبود بخشد. از آن جا که افراد به طور متوسط نیمی از زمان زندگی خود را در طول شبانه روز در خانه سپری می کنند، می توان تدابیری اندیشید تا در برابر این آلودگی هوا و ذرات معلق ایمن بمانند. تصفیه هوا موضوعی است که به تناسب زندگی شهرنشینی مورد توجه قرار گرفته و باعث بهبود کیفیت زندگی شهرنشینی شده است. استفاده از دستگاه های تصفیه هوا راهکاری است که می توان از آن در محیط های خانه و محل کار جهت حذف کلیه آلودگی ها و ذرات مضر موجود در هوا استفاده کرد.

دستگاه تصفیه‌هوا

به طور کلی دستگاه های تصفیه هوا با هدف افزایش کیفیت هوا و همچنین حذف آلودگی ها و گرد و غبار هوا مورد استفاده قرار می گیرند. اولین نمونه های دستگاه های تصفیه هوا در اواسط قرن بیستم ساخته شدند و در سال های اخیر این دستگاه ها توسعه یافته و پیشرفت محسوسی داشته اند. دستگاه تصفیه هوا در انواع مختلفی ساخته می شوند که استفاده از آن ها به شرایط موجود و آلاینده ها بستگی دارد.

فناوری اصلی این دستگاه ها شامل دو دسته فعال و غیر فعال می باشد. یک دستگاه تصفیه هوا فعال یون های دارای بار منفی را در هوا آزاد می کند و باعث می شود که آلاینده ها به سطوح بچسبند. اما در دستگاهی که از فناوری تصفیه هوای غیر فعال استفاده می کند، فیلتر های هوا وظیفه تصفیه هوا را به عهده دارند. معمولا دستگاه های تصفیه غیر فعال کارآمد تر هستند. چرا که تمام گرد و غبار و ذرات معلق به طول دائم از هوا خارج شده و در فیلترها جمع آوری می شوند. از سال ۲۰۰۵ رایج ترین روش های مورد استفاده فیلترهای ذرات معلق هوا با راندمان بالا و تابش ضد باکتری فرابنفش هستند.



فیلتراسیون

در این روش هوا از فیلترهای خاص عبور می کند و ذرات به صورت فیزیکی توسط فیلتر جذب می شوند. فیلترهای مختلفی برای این کار وجود دارد که از بهترین فیلترها جهت تصفیه هوا می توان به فیلترهای بازدارنده با راندمان بالا (HEPA) و فیلتر HVAC اشاره کرد.

کربن فعال

کربن فعال یک ماده متخلخل است که می تواند مواد شیمیایی فرار را به صورت مولکولی جذب کند، اما ذرات بزرگ تر را حذف نمی کند. فرآیند جذب هنگام استفاده از کربن فعال باید به تعادل برسد، بنابراین ممکن است حذف کامل آلاینده ها دشوار باشد. کربن فعال صرفا موجب ایجاد فرایند تغییر آلاینده ها از فاز گازی به فاز جامد می شود. کربن فعال را می توان در دمای اتاق استفاده کرد و سابقه طولانی در استفاده تجاری دارد. به طور معمول همراه با سایر فناوری های فیلتر، به ویژه با HEPA استفاده می شود. سایر مواد نیز می توانند مواد شیمیایی را جذب کنند اما هزینه تهیه آن ها بیشتر است.



پاک کننده های هوای الکترونیکی با محیط پلاریزه

پاک کننده های الکترونیکی با محیط پلاریزه، از محیط های پیشرفته فعال برای ترکیب عناصر تصفیه کننده فعال و فیلتر های غیر فعال استفاده می کند. این سیستم از ولتاژ DC ۲۴ ولت برای ایجاد میدان الکتریکی پلاریزه استفاده می کنند. بیشتر ذرات معلق در هوا دارای بار هستند و بسیاری از آن ها حتی دو قطبی هستند. همانطور که ذرات معلق در هوا از میدان الکتریکی عبور می کنند، میدان قطبی ذره را دوباره جهت می دهد تا به یک پد فیبر یکبار مصرف بچسبد. ذرات بسیار ریز (UFPs) که در عبور اولیه خود از پد جمع آوری نمی شوند، قطبی شده و به سایر ذرات می چسبند و در مراحل بعدی جمع آوری می شوند. راندمان جمع آوری با توجه به اندازه ذرات به طور قابل توجهی متفاوت است. راندمان پاک کننده های هوای الکترونیکی با محیط های پلاریزه با بارگیری افزایش می یابد و فیلتراسیون با راندمان بالا را فراهم می کند و مقاومت هوا معمولا برابر یا کمتر از فیلترهای غیرفعال است. فناوری رسانه های پلاریزه یونیزه کننده نیست. یعنی در این فناوری ازن (O_3) تولید نمی شود.

دستگاه های تصفیه هوا با ژنراتورهای پلاسمای سرد

پلاسما یک گاز به شدت یونیزه شده است که در نتیجه تخلیه الکتریکی ولتاژ بالا ایجاد می شود و به طور کلی حاوی الکترون ها، یون های مثبت و ذرات خنثی است. پلاسمای سرد یا غیر حرارتی نوعی پلاسما است که در حالت تعادل ترمودینامیکی قرار ندارد. پلاسما دارای ویژگی هایی است که امکان رسوب ذرات را به دلیل پدیده های الکترواستاتیک فراهم می کند. پلاسما پرتو فرابنفش ساطع می کند و در نتیجه به اکسیداسیون ذرات و حذف ویروس، سلول های باکتریایی و سایر میکروارگانیسم ها کمک می کند. جدا از موارد فوق، این فرایند خود رادیکال های آزاد و سایر اکسیدان ها را تولید می کند که پیوندهای شیمیایی را می شکنند و منجر به تجزیه موادی مانند VOC به CO_2 و H_2O می شود.

فناوری پلاسمای سرد در حال تبدیل شدن به یک راه حل بسیار امیدوارکننده است که ممکن است در آینده با موفقیت، مکمل روش های معمول پاکسازی هوای داخلی باشد. متاسفانه، با توجه به تعداد زیادی از مسائل ناشناخته مرتبط با این فناوری، این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد تا استفاده از آن بهینه شود. همچنین باید تاثیرات احتمالی آن بر سلامت انسان و محیط زیست نیز بررسی شود.



دستگاه‌های تصفیه‌هوا با استفاده از فرایندهای فوتوکاتالیستی (PCO)

سیستم های تصفیه هوای فوتوکاتالیستی از فناوری های رو به رشد در حوزه پاکسازی هوا هستند. دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) یکی از شناخته شده ترین و پرکاربرد ترین فوتوکاتالیست ها به ویژه به شکل نانو ذره می باشد. نور فرابنفش به روی نانو ذرات می تابد و منجر به ساطع شدن الکترون های آزاد از سطح TiO_2 می شود که به مولکول های اکسیژن هوا متصل می شوند و اشکال فعال آن را به وجود می آورند. آن ها زمانی که به مولکول های آب متصل می شوند، رادیکال آزاد هیدروکسیل تولید می کنند که دارای خواص اکسید کنندگی بسیار زیاد است. رادیکال های آزاد هیدروکسیل نه تنها می توانند آلاینده های آلی مختلف مانند VOC، روغن، چربی، گازهای بی بو و بودار را تجزیه کنند، بلکه می توانند میکروارگانیسم های موجود در هوا را نیز کاهش دهند.

استفاده از فرایندهای فوتوکاتالیستی همراه با مسائلی است که نمی توان نادیده گرفت. از مشکلات مرتبط با آن می توان به تولید فرآورده های جانبی مضر مانند فرمالدئید یا استالدئید یا ازن به دلیل استفاده از لامپ UV اشاره کرد. علاوه بر این قرار گرفتن طولانی مدت در معرض نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم می تواند تاثیرات منفی بر سلامتی انسان داشته باشد.

دستگاه های تصفیه هوا با استفاده از فناوری نور فرابنفش

امروزه، فرایندهای ضد عفونی مبتنی بر پرتو فرابنفش به طور گسترده استفاده می شوند. در فرایند تابش عموما از موج ۲۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر استفاده می شود که طیف UV-C نامیده می شود. این باند باعث آسیب جدی به سیستم ژنومی میکروارگانیسم ها می شود و با تخریب DNA و RNA آن ها احتمال زنده ماندن آن ها را تا میزان قابل توجهی کاهش می دهد.



دستگاه های تصفیه هوا با استفاده از فیلتراسیون الکترواستاتیک

فیلترهای هوای الکترواستاتیک فیلترهایی هستند که فرایندهای الکترواستاتیک را با فیلتراسیون مکانیکی ترکیب می کنند و اکثر آن ها قابل شستشو هستند و می توان آن ها را به طور منظم تمیز کرد. این فیلترها بر اساس یک میدان الکتریکی قوی، پدیده تخلیه الکتریکی که باعث یونیزاسیون هوا می شود، همراه با جاذبه الکترواستاتیک ذرات باردار عمل می کنند. ذرات معلق در هوا هنگامی که هوا از ساختار الیافی متقاطع فیلتر عبور می کند، توسط بار استاتیک جذب می شوند، زیرا این الیاف در برابر بارهای الکترواستاتیک حساس هستند. این دستگاه ها نیز با تولید مقداری ازن و اکسید نیتریک همراه هستند که جزو مواد مضر محسوب می شوند.

منابع

1. https://www.mdpi.com/1630710
2. https://en.wikipedia.org/
3. https://damatajhiz.com/
4. https://www.zoomit.ir/

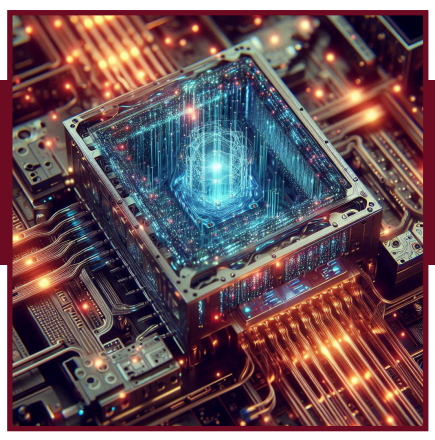


یادگیری ماشین کوانتومی

علی بوالحسنی/دانشجوی دکتری
مهندسی کامپیوتر/دانشگاه آزاد اسلامی تهران

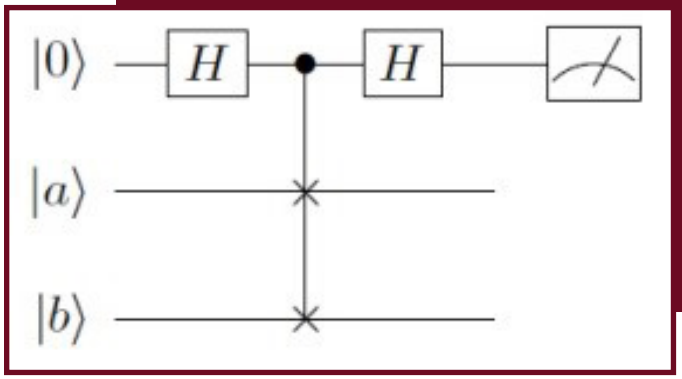
مقدمه

نظریه های یادگیری ماشین کلاسیک و محاسبات کوانتومی از مهمترین حوزه‌های علمی در حال توسعه هستند. در سال‌های اخیر، محققان کاربردهای محاسبات کوانتومی را در بهبود الگوریتم‌های یادگیری ماشین کلاسیک مورد بررسی جدی قرار داده اند. یادگیری ماشین کوانتومی حاصل ترکیب الگوریتم های کلاسیک و محاسبات کوانتومی است. رویکردهای منطق کوانتومی را می توان به عنوان اساس تجزیه و تحلیل حالت های کوانتومی به جای داده‌های کلاسیک استفاده کرد. از طرف دیگر، الگوریتم‌های کوانتومی می توانند الگوریتم های حاکم بر علم داده کلاسیک را به‌طور تصاعدی بهبود بخشند. روش های مختلفی در این زمینه وجود دارد که از آن جمله می توان به الگوریتم شبکه تانسور درختی چند کلاسه و تایید آن بر روی پردازنده کوانتومی اشاره نمود. در راستای ترکیب محاسبات کوانتومی و یادگیری ماشین کلاسیک، می توان از رویکردهای شبکه های عصبی و هوش مصنوعی در جهت توسعه یادگیری ماشین کوانتومی و همچنین حل مشکلاتی از جمله توموگرافی کوانتومی استفاده نمود. روش توموگرافی به ما اجازه می دهد تا حالت کوانتومی را بدون در نظر گرفتن تاثیر نویز پیش بینی کنیم. چنین رویکرد کوانتومی کلاسیک را می توان در آزمایش های مختلف برای آشکار کردن وابستگی پنهان بین داده های ورودی و نتایج اندازه گیری خروجی به کار برد. الگوریتم‌های یادگیری ماشین وظیفه استخراج اطلاعات اصلی و پیش‌بینی نمونه داده های جدید را دارند. برخلاف سایر روش های ریاضی، این الگوریتم‌ها مدل پیش‌بینی خود را بر اساس داده‌های شناخته شده (داده‌های آموزشی) ساخته و به روز می کنند. روش‌های یادگیری ماشینی را می‌توان برای کارهای مختلفی به کار برد: فیلتر هرزنامه، پردازش تصویر، تاثیر اجتماعی فراگیر، تشخیص تصویر، پردازش سیگنال و غیره. در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های زیادی در پردازش اطلاعات کوانتومی صورت گرفته است که نشان می‌دهد الگوریتم‌های کوانتومی خاص می‌توانند نسبت به همتایان آنالوگ‌های کلاسیک خود سرعت بیشتری ایجاد کنند. بطور مشابه استفاده از رویکردهای کوانتومی در زمینه یادگیری ماشین کلاسیک نیز ممکن است نتایج مشابهی ایجاد کند. محاسبات کوانتومی قابلیت ذاتی منحصر به فردی در سیستم های چند بعدی و تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره دارد. مدل سازی سیستم های کلاسیک با درجات آزادی زیاد به دلیل چالش در ابعاد بالاتر بسیار دشوار است. اما اثر توازی کوانتومی امکان حل این نوع مشکلات و محدودیت ها را مرتفع می سازد. بنابراین، منابع محاسباتی کوانتومی برای حل مسائل مختلف با ابعاد بسیار زیاد (مانند یادگیری ماشین و علم داده) بسیار مفید هستند. در این خصوص می توان محاسبات کوانتومی را با شبکه های عصبی و هوش مصنوعی در هم آمیخت. مدل های الهام گرفته از منطق کوانتومی، کلاس وسیعی از چارچوب‌ها، روش‌ها و الگوریتم‌ها را برای پردازش داده‌های کلاسیک در رایانه‌های کلاسیک تشکیل می‌دهند که شامل مفاهیم مکانیک کوانتومی، به‌ویژه ریاضیات مکانیک کوانتومی و پردازش اطلاعات کوانتومی است. محققان به تفسیرهای محدود پایبند هستند و فقط روش ها یا الگوریتم هایی را در نظر می گیرند که به وضوح بدون مکانیک کوانتومی وجود نداشتند. برخی نیز دیدگاه نسبتا گسترده ای را در نظر می گیرند مثلا روش های بهینه سازی عمومی شبیه سازی شده را الهام گرفته از چهارچوب های کوانتومی می دانند، فقط به این دلیل که ممکن است از مطالعه برخی سیستم های مکانیکی کوانتومی سرچشمه گرفته باشند. رویکردهای مبتنی بر محاسبات و اطلاعات کوانتومی را می توان برای روش‌های پایه (الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه، تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی و غیره) و همچنین برای روش‌های پیچیده (رمزگذار خودکار متغیر، شبکه‌های متخاصم وابسته و غیره) اعمال کرد. بنابراین ابتدا الگوریتم‌های کوانتومی اساسی در یادگیری ماشین و مزایا و معایب محاسباتی الگوریتم‌های معروف یادگیری ماشین کوانتومی را بررسی می کنیم و نتایج نهایی نشان خواهد داد که الگوریتم‌های کوانتومی برای داده‌هایی با ابعاد چند گانه و بسیار بزرگ، کارایی بسیار بیشتری نسبت به کلاسیک دارند. در ادامه یک مدار چند سطحی کوانتومی به عنوان شبکه های تانسور درختی برای طبقه بندی چند کلاسه داده ها معرفی می شود. این دیدگاه امکان می دهد برچسب ها را برای داده هایی با تعداد دلخواه کلاس ها پیش بینی کنیم. تحلیل و تایید واقعی این رویکرد بر روی پردازنده کوانتومی آنلاین قابل اجرا است. در بخش بعد به نظریه نوروتوموگرافی (توموگرافی کوانتومی بر اساس شبکه های عصبی مصنوعی کلاسیک) می پردازیم. در این راستا می توان از مدل شبکه عصبی برای پیش بینی حالات کوانتومی خروجی به‌استثنای نویز در سیستم کوانتومی استفاده نمود. چنین رویکردی را می توان در سیستم های تجربی واقعی برای بازسازی حالت کوانتومی صحیح با احتمال بالا به کار برد. مسئله بازیابی اطلاعات اغلب از نظر مدل های فضای برداری در جبر خطی رسمیت می یابد. در اینجا، چند شی داده بر حسب بردارهای چند بعدی کدگذاری می شوند که سپس در یک ماتریس جمع آوری می شوند. تجزیه این ماتریس به ماتریس‌های چند عاملی با رتبه پایین‌تر می‌تواند ساختارهای نهفته در داده‌ها را نشان دهد و اگر پرس‌وجوها برحسب بردارهای چند بعدی نیز رمزگذاری شوند، تطبیق پرس و جو به سادگی به ارزیابی محصولات داخلی تبدیل می‌شود. بر اساس این ایده ها و تبعیت از منطق کوانتومی، در رویکرد نظری کوانتومی دیگر بازیابی اطلاعات باید به طور ایده آل بر حسب برهم نهی حالت ها در فضاهای هیلبرت (بی نهایت بعدی) فرموله شود. در آن جا، بردارهای ویژه عملگرهای چگالی کوانتومی مفاهیم اساسی (و پنهان) را نشان می‌دهند که باید جستجو شوند، و مقادیر ویژه مربوطه همپوشانی بین مفاهیم و پرس و جوها را اندازه‌گیری می کنند.



الگوریتم کوانتومی آزمون جایگزینی

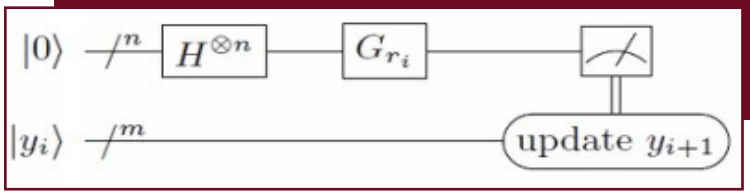
روال آزمون جایگزینی یک الگوریتم کوانتومی ساده است که حاصل ضرب اسکالر دو حالت ورودی را بیان می کند (شکل ۱). برای رسیدن به مقدار صحیح حاصلضرب اسکالر بین دو حالت، اندازه گیری های زیادی لازم است. از آزمون جایگزینی می توان برای محاسبه فاصله اقلیدسی بین بردارها در فضای چند بعدی استفاده کرد که این مهم برای الگوریتم های کلاسیک بسیار مفید است.



شکل ۱: مدار کوانتومی الگوریتم آزمون جایگزینی

الگوریتم کمینه‌سازی کوانتومی

الگوریتم کوانتومی برای حل مسائل کمینه سازی توابع گسسته و بر اساس جستجوی گروور است که می تواند بر حسب مدارهای تکرار کوانتومی نمایش داده شود (شکل ۲).



شکل ۲: مدار کوانتومی الگوریتم کمینه سازی کوانتومی

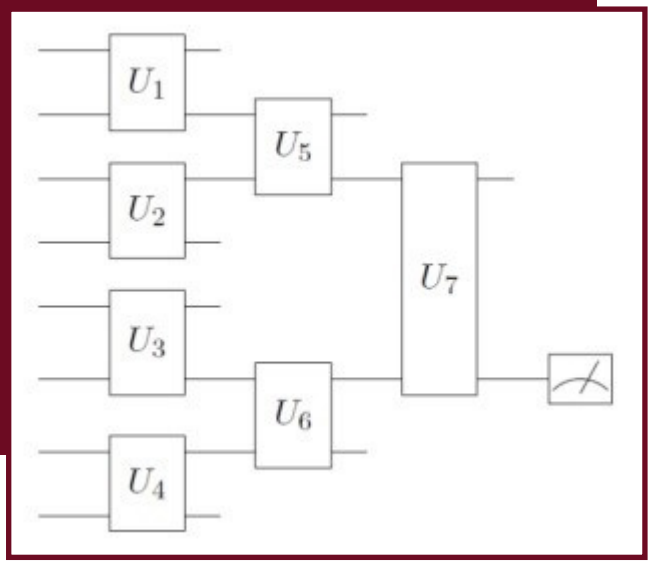
در مرحله بعد، گیت های هادامارد (شکل ۲) را به رجیستر صفر اعمال می کنیم. سپس، تکرار کننده گروور را چند بار اعمال می کنیم و چند کیوبیت اول را اندازه می گیریم. نتایج اندازه گیری به ما امکان می دهد مقدار آستانه را تصحیح کنیم. بنابراین، فرایند دوم تکرار را شروع می‌کنیم: آستانه دوم را تنظیم می‌کنیم، گیت‌های هادامارد و زمان‌های تکرار گروور را اعمال می‌کنیم، کیوبیت‌های اول را اندازه‌گیری می‌کنیم و آستانه را دوباره به‌روزرسانی می‌کنیم (همه ورودی ها به طور تصادفی انتخاب می‌شوند). چنین الگوریتمی به ما اجازه می دهد تا یک بهینه سازی یونیورسال را پیدا کنیم زیرا همیشه در حال جستجو در تمام حالت های ورودی ممکن است.

الگوریتم نزدیکترین همسایه

با توجه به مجموعه داده آموزشی از بردارهای ویژگی و برچسب های کلاس مربوطه، ایده الگوریتم طبقه‌بندی داده‌های آزمایشی دیگر با انتخاب برچسب کلاس که برای هر بردار ورودی جدید است بیشتر ظاهر می‌شود. چنین ایده ای مبتنی بر قانون ساده است: بردارهای ویژگی نزدیک برچسب های کلاس، خواص مشابهی دارند. نسخه کوانتومی این الگوریتم مبتنی بر آزمون جایگزینی (برای محاسبه همه محصولات اسکالر بین بردارهای ویژگی کدگذاری شده در حالت های کوانتومی) و الگوریتم نزدیکترین همسایه (برای بدست آوردن نزدیک ترین همسایه برای هر بردار آزمایشی) است. بنابراین، کارایی الگوریتم کوانتومی به تعداد تکرارهای آزمون جایگزینی و تعداد تکرارهای نزدیک ترین همسایه بستگی دارد.

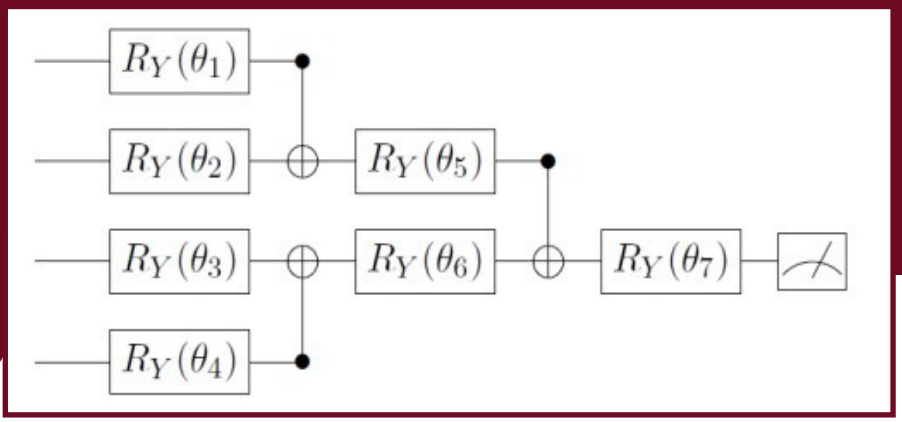
الگوریتم طبقه‌بندی باینری

شبکه های تانسور درختی به عنوان معماری مدارهای کوانتومی شناخته می شود که از درختان دودویی الهام گرفته شده است. مدار تانسور درختی با اعمال تبدیل واحد به هر جفت کیوبیت شروع می شود. سپس از هر جفت، یکی از کیوبیت ها را حذف می کنیم. در لایه مدار زیر دوباره گیت های دو کیوبیتی را به جفت کیوبیت های باقی مانده اعمال می کنیم. این روند تا زمانی تکرار می شود که یک کیوبیت باقی بماند. چنین معماری برای ۸ کیوبیت ورودی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: معماری مدار کوانتومی ۸ کیوبیتی تانسور درختی

برای سرعت بخشیدن به فرایند یادگیری (که توسط رایانه کلاسیک ارائه می شود)، باید از پارامترسازی واحد استفاده کنیم. یکی از ساده ترین راه ها برای انجام این کار استفاده از گیت کنترل وارون و دو گیت چرخشی یک کیوبیتی حول محور عمودی است (زیرا چرخش حول محور عمودی با گیت کنترل وارونگر جابجا نمی شود و از مقادیر واقعی در نمایش ماتریس تشکیل شده است). مدار کوانتومی برای بردارهای ورودی چهار بعدی (با استفاده از پارامترسازی واحد) در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴:مدار کوانتومی شبکه تانسور درختی پارامتری برای مجموعه داده فیشر

پیاده‌سازی کوانتومی

مدار (شکل ۴) با پارامترهای به دست آمده را می توان بر روی پردازنده کوانتومی آنلاین پیاده سازی کرد. روش رمزگذاری با دروازه های چرخشی تک کیوبیتی برای هر کیوبیت در جدول زیر نشان داده است.

جدول ۱:پیاده سازی الگوی تانسور درختی بر روی پردازنده کوانتومی

	Number of shots							
	1	3	5	9	21	55	201	1001
Setosa vs Versicolor	0.818	0.879	0.879	0.939	0.970	1	1	1
Setosa vs Virginica	0.666	0.818	1	1	1	1	1	1
Versicolor vs Virginica	0.606	0.606	0.727	0.789	0.848	0.879	0.909	0.909



منابع

1. https://iqtec.ir/review-and-introduction-of-quantum-machine-learning-algorithms/
2. https://pennylane.ai/qml/whatisqml/
3. https://www.coursera.org/articles/quantum-machine-learning
4. https://www.nature.com/articles/nature23474
5. https://research.ibm.com/topics/quantum-machine-learning

لیزرزایی بدون وارونگی جمعیت

فاطمه عقلمندی/دانشجوی کارشناسی ارشد
فیزیک گرایش لیزر / دانشگاه تبریز

مقدمه

کلمه لیزر در اصل مخفف
light amplification by the stimulated emission of radiation
هست که به معنی تقویت نور با گسیل القایی تابش است. لیزر با تقویت موج نوری در داخل مشدد یا کاواک ایجاد می‌شود. برای درک کلی فیزیک لیزر می‌بایست مفاهیم اساسی لیزر مانند وارونگی جمعیت و ترازهای انرژی را اموخته و سپس چگونگی ایجاد لیزر را بررسی بکنیم. پس از درک فیزیک لیزر با روش ساخت لیزر بدون وارونگی جمعیت آشنا خواهیم شد. لیزر بدون وارونگی (laser without inversion)، یا لیزر بدون وارونگی جمعیت، روشی است که برای تقویت نور توسط گسیل القایی و بدون وارونگی جمعیت، استفاده می‌شود. لیزری که تحت این حالت کار می‌کند، برای تقویت نور از تداخل کوانتومی بین دامنه‌های احتمال گذار اتمی، به منظور حذف یا کاهش جذب فوتون بدون ایجاد اختلال در گسیل القایی، استفاده می‌کند.

۱.لیزر

با اختراع لیزر انقلاب نوینی در فناوری اپتیک و طیف نگاری (اسپکتروسکوپی) پدید آمد و امروزه در کلیه زمینه‌های علمی و فناوری نظیر علوم، پزشکی، صنعت و حتی در گداخت هسته‌ای، لیزر قدرت چشم گیر خود را نشان داده است. علاوه بر آن در پدیده‌های غیر خطی، نوسان پارامتری، خود متمرکزکنندگی نور، آزمایش‌هایی در طیف‌نگاری نظیر سرد کردن و به دام انداختن اتم ها تحقق یافته‌اند، که تنها با استفاده از لیزر است که مشاهده این پدیده ها و یا به نتیجه رسیدن این آزمایش‌ها امکان پذیر شده اند. قبل از توصیف لیزر بدون وارونگی و بررسی رفتارهای مشخصه‌ای آن، به بررسی کلیاتی راجع به لیزر با وارونگی جمعیت خواهیم پرداخت[۱].

۱.۱.مفاهیم مقدماتی

در فیزیک لیزر، نور و برهم‌کنش نور با ماده، نقش اصلی را ایفا می‌کند. در بررسی مقدماتی فیزیک لیزر با دیدگاه نیمه کلاسیک، نور به صورت کلاسیک و ماده به صورت کوانتومی بررسی می‌شود. در ساختار لیزر، از یک کاواک یا مشدد استفاده می‌شود که در ساختار کاواک،از دو آینه با ضرایب بازتاب متفاوت استفاده می‌شود. یکی از این آینه ها بازتابگر ٪۱۰۰ و دیگری با ضریب بازتاب کمتر،امکان خروج نور تقویت شده را فراهم می‌کند. فوتون های گسیل شده در طی بازتاب های متعدد در داخل کاواک، تقویت می‌شوند. برای ایجاد تحریک اولیه و پمپاژ فوتونی، که در ادامه بررسی شده است، از روش های نظیر حرارتی، الکتریکی و یا نوری استفاده می‌شود. به طور خلاصه در روش حرارتی مادهی محیط بهره به روش هایی حرارت داده شده و در اثر حرارت، اتم‌های آن تحریک شده و گسیل می کند. در روش الکتریکی با ایجاد اختلاف پتانسیل در دو سر ماده، جریان الکتریکی در داخل ماده ایجاد شده و سبب تحریک اتم های ماده می‌شود. در روش نوری، از ساختارهای مختلف برای تابش نور به محیط بهره استفاده می‌شود. روش الکتریکی و حرارتی برای محیط های گازی مناسب است. در هر صورت اتم‌های تحریک شده با گسیل فوتون اولیه، شرایط تولید لیزر را فراهم می کنند. با برهمکنش نور و ماده سه پدیده اساسی به وقوع می پیوندد که عبارتند از: گسیل خودبخود، گسیل القایی و جذب (درآشام)، که در این جا به اختصار آن ها را تشریح خواهیم کرد.

۱.۱.۱.گسیل خود به خودی

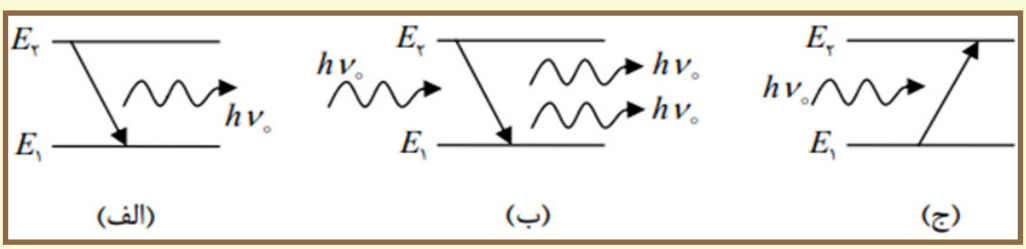
اگر یک سیستم ساده با دو تراز انرژی در نظر بگیریم (اتم فقط می تواند در این دو تراز انرژی کوانتومی باشد) به صورتی که $E_2>E_1$ باشد. اگر در ابتدا اتم در تراز انرژی E_2 باشد، پس از زمان معینی با گسیل یک فوتون با انرژی برابر با اختلاف انرژی دو تراز ، به تراز انرژی کمتر فرو افت می کند.گسیل خودبخود در تولید لیزر نقش ندارد و تنها شروع کننده فعالیت است.

۲.۱.۱.جذب یا در آشام

در این حالت، اتم در تراز انرژی کمتر با جذب یک فوتون، به تراز انرژی بالاتر می‌رود. سپس با گسیل فوتون به تراز پایین‌تر فروافت می‌کند.

۳.۱.۱.گسیل القایی

در حالتی که اتم در تراز انرژی بالاتر باشد و یک فوتون با فرکانس ν_0(طبق شکل ۱ ب) بر اتم فرود آید. این احتمال وجود دارد که اتم به تراز انرژی پایین با گسیل فوتون با فرکانس ν_0، گذار بکند. در این صورت قبل از پایان طول عمر تراز(زمانی که سیستم در انرژی بالاتر است) به تراز پایین‌تر گذار می‌کند و دو فوتون با انرژی یکسان به صورت همدوس گسیل می‌شوند.



شکل ۱:نمایش کلی سه فرایند: (الف) گسیل خودبخود، (ب) گسیل القایی، (ج) جذب. منبع[۱]

در حالت کلی می‌توان گفت که لیزر یک نوسانگر یا یک دامنه ده (تقویت کننده) امواج نورانی است. برای ایجاد لیزر باید نور به وسیله گسیل القایی تقویت شود. در واقع لازم است که میزان فوتون‌های گسیل شده به روش گسیل القایی، افزایش یابد تا لیزر تولید شود. برای این منظور لازم است تعداد اتم‌های ماده در تراز انرژی بالاتر بیشتر باشد و اتم‌ها قبل از پایان طول عمر تراز ،گسیل القایی کرده و به تراز انرژی پایین‌تر بروند. به تعداد اتم‌ها در هر تراز انرژی، جمعیت تراز گفته می‌شود. در حالت عادی اتم‌ها تمایل دارند در حالت پایه و در تراز انرژی کمتر باشند. در این صورت جمعیت تراز انرژی پایین‌تر، بیشتر خواهد بود. اما همانطور که ذکر شد برای ایجاد لیزر باید تراز انرژی بالاتر، جمعیت بیشتری داشته باشد که به این وارونگی جمعیت گفته می‌شود. برای ایجاد وارونگی جمعیت از روش های مختلف استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که سیستم دو ترازی فرضی، برای ایجاد وارونگی جمعیت مناسب نیست و شار فوتونی لازم ایجاد نمی‌شود. برای همین از سیستم‌های سه یا چهار ترازی استفاده می‌شود. با این حال روش دیگری نیز برای تولید لیزر وجود دارد و آن تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت است. هنگامی که لیزر از طریق وارونگی جمعیت محقق می شود، توان پمپ مورد نیاز متناسب با (حداقل) توان چهارم فرکانس لیزر است. در حالی که لیزر بدون وارونگی (LWI) چنین شرایطی برای تولید لیزر ندارد و برای اجرای لیزرهای با طول موج کوتاه مطلوب است. این روش در لیزرهای رسانا، نیم رسانا، پیوندی، چاه کوانتومی و نقطه کوانتومی قابل اجرا است. این لیزرها در کتاب اصول لیزر، اوراسیو سوولتو بررسی شده‌اند.

۲. تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت

۱.۲. تاریخچه [۴]

تاریخچه لیزر بدون وارونگی جمعیت، به عنوان یکی از شاخه‌های پیشرفته فیزیک کوانتومی، ارتباط نزدیکی با توسعه نظریه‌های کوانتومی و پیشرفت‌های فناوری لیزر دارد. این مفهوم از اوایل دهه ۱۹۶۰ مطرح شد، اما سال‌ها طول کشید تا به‌طور نظری و تجربی تکامل یابد. در سال ۱۹۶۰، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه فیزیک لیزر و اپتیک کوانتومی آغاز شد. در این زمان، دانشمندان به دنبال راه‌هایی بودند تا محدودیت‌های موجود در تولید لیزر را کنار بزنند. یکی از محدودیت‌های مهم، نیاز به وارونگی جمعیت برای تولید لیزر بود. در سال ۱۹۶۷، آلفرد شوآلو، یکی از پیشگامان نظریه‌های لیزر، امکان تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت را مطرح کرد. این ایده، بر اساس اصول مکانیک کوانتومی و برهم‌کنش‌های پیچیده بین فوتون‌ها و اتم‌ها، به عنوان یک چالش جدید در فیزیک نظری مطرح شد.

در دهه ۱۹۷۰، با توسعه نظریه‌های کوانتومی از جمله مفهوم تداخل کوانتومی و شفافیت القایی الکترومغناطیسی، ایده ساخت لیزر بدون وارونگی را ممکن ساخت. لئونارد ماندل و علی جوان، دو دانشمند برجسته در این زمینه، نقش مهمی در توسعه این نظریه‌های کوانتومی داشتند. در سال ۱۹۷۰، مفهوم ساخت لیزر بدون وارونگی توسط مارلان اسکالی و همکاران معرفی شد. این تحقیقات نشان داد که می‌توان با استفاده از تداخل سازنده بین مسیرهای مختلف گذار انرژی، شرایطی را فراهم کرد که نور بدون نیاز به وارونگی جمعیت، تقویت شود.

در دهه ۱۹۸۰، اولین تلاش‌ها برای اثبات تجربی لیزر بدون وارونگی جمعیت آغاز شد. در این زمان، دانشمندان با استفاده از سیستم‌های سه ترازی و روش های پیشرفته لیزری، موفق شدند شواهدی از تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت به دست آورند. این موفقیت‌ها باعث افزایش توجه به این زمینه شد و پژوهش‌های بیشتری را در پی داشت.

در دهه ۱۹۹۰، پدیده شفافیت القایی الکترومغناطیسی EIT، به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین پدیده‌ها در تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت مورد توجه قرار گرفت. سوشانک کومار و استیون هریس از پیشگامان این حوزه بودند که با استفاده از روش های EIT، موفق به تولید لیزرهایی بدون نیاز به وارونگی شدند. این دوره، دوره‌ای از تثبیت نظری و گسترش کاربردهای LWI در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی بود.

از اوایل دهه ۲۰۰۰، تحقیقات در زمینه لیزر بدون وارونگی جمعیت، به سطح بالاتری رسید. این روش ها بهبود یافته و به حوزه‌های جدیدی مانند طیف‌سنجی دقیق، ارتباطات نوری، و پردازش اطلاعات کوانتومی گسترش یافتند.

۲.۲. کاربرد

۱.۲.۲. کاربرد در طیف‌سنجی دقیق: به دلیل حساسیت بالا و کنترل دقیق بر تداخل کوانتومی، LWI می‌تواند برای طیف‌سنجی دقیق و اندازه‌گیری‌های بسیار حساس استفاده شود.

۲.۲.۲. ایجاد لیزر در طول موج‌های خاص: با استفاده از LWI می‌توان لیزرهایی با طول موج‌هایی تولید کرد که با روش های معمولی به سختی قابل دستیابی هستند.

۳.۲.۲. ارتباطات نوری و کوانتومی: LWI می‌تواند نقش مهمی در توسعه فناوری‌های ارتباطات نوری و پردازش اطلاعات کوانتومی ایفا کند.



۳.۲. روش‌های ایجاد لیزر بدون وارونگی جمعیت

۱.۳.۲. روش های مبتنی بر تداخل کوانتومی

روش‌های مختلفی برای تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت وجود دارد که همگی بر اساس اصول مکانیک کوانتومی و تداخل کوانتومی طراحی شده‌اند. همبستگی و همدوسی کوانتومی در فیزیک تابشی و اتمی ، منجر به پدیده‌های نوظهور و جالبی شده است. به عنوان مثال در یک برهم نهی همدوس از حالات اتمی پدیده‌هایی رخ می‌دهد مثل اثر هانل، ضربه‌های کوانتومی، پژواک فوتونی، شفافیت القایی الکترومغناطیسی وضربه‌های رامان.

یکی از نتایج بسیار جالب که با قرار دادن یک سیستم اتمی در برهم نهی منسجم و همدوس ، تحت شرایط مشخص ایجاد می‌شود، این است که همدوسی اتمی سبب حذف جذب فوتونی توسط ماده می‌شود. به عبارتی تقارن بین گسیل القایی و جذب ماده، از بین رفته و فرایند جذب حذف می‌شود. به چنین حالات اتمی، حالات به دام انداخته شده گفته می‌شود. این حالت ها ممکن است به ۳ حالت زیر ایجاد شود:

۱.۱.۳.۲. وارونگی پنهان در یک جمعیت تراز همدوس به دام انداخته شده (hidden inversion in a coherent population):

یک پدیده کوانتومی است که در ان اتم‌ها یا مولکول‌ها معمولا در یک سیستم سه ترازی، توسط چند میدان نوری همدوس تحریک می‌شوند. این تحریک باعث می‌شود جمعیت سیستم در یک برهم نهی از حالت‌های کوانتومی به دام بیفتند. این حالات به دام افتاده را حالات تاریک می‌گویند. سیستم پس از این حالات، با میدان های نوری تعامل نکرده و هیچ نوری را جذب یا گسیل نمی‌کند. در این روش، حالت‌های پایه به وسیله دو میدان لیزری همدوس، تحریک می‌شوند که معمولا دارای فرکانس کمی متفاوت هستند. در این حالت برهم نهی ایجاد شده بین این دو تراز باعث می‌شود از میدان‌های لیزری جدا شوند.

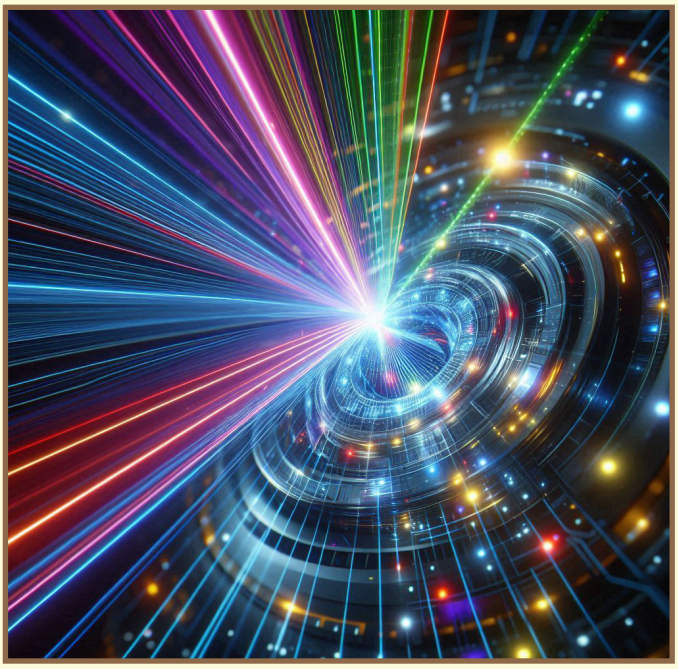
۲.۱.۳.۲. وارونگی پنهان در پایه حالت پوشیده (hidden inversion in a dressed state basis):

زمانی که اتم‌ها یا مولکول‌ها با میدان الکترومغناطیسی قوی مانند نور لیزر تعامل می‌کنند، سطوح انرژی آن ها می‌تواند توسط آن پوشیده شوند. در این صورت، حالت‌های خاص یا اصلی اتم، با فوتون‌های میدان ترکیب شده و حالت‌های کوانتومی جدیدی به نام حالت‌های پوشیده را تشکیل می‌دهند. در واقع حالت‌های خاص، سطوح یا ترازهای انرژی بدون تعامل با میدان هستند، سطوح یا ترازهای خاص،با تعامل میدان خارجی در نظر گرفته می‌شوند.

۳.۱.۳.۲. لیزر بدون وارونگی پنهان (lasing without hidden inversion):

در این حالت وارونگی جمعیت در حالت‌های خاص یا پوشیده وجود دارد. به عبارتی جمعیت اتم‌های برانگیخته بیشتر از حالت پایه است اما قابل مشاهده نیست و در یک مبنای پوشیده یا پنهان رخ می‌دهد و همچنان منجر به تولید لیزر می شود.

اساس تقویت نور برای تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت، حذف و یا کاهش فرایند جذب فوتون ، بدون تاثیر در گسیل القایی است. به عبارتی برهم نهی همدوس ترازهای پایین‌تر، می‌تواند جذب را حذف کرده و امکان تولید لیزر را در حالیکه جمعیت ترازهای پایین، بیشتر است، فراهم بکند. بنابراین، ایده اصلی در لیزر بدون وارونگی جمعیت، حذف جذب (absorption cancellation) با تداخل و همدوسی اتمی است. برای این منظور روش‌هایی وجود دارد که هر کدام از این روش‌ها در شرایط خاص و با توجه به نیازهای مختلف علمی و صنعتی قابل استفاده هستند. اگرچه این روش‌ها چالش‌های خاصی دارند، اما پتانسیل آن ها برای توسعه فناوری‌های جدید بسیار قابل توجه است.



۴.۱.۳.۲. شفافیت ناشی از تداخل الکترومغناطیسی (Electromagnetically Induced Transparencytrapping):

یکی از رایج‌ترین روش‌های تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت، استفاده از پدیده EIT است. در این روش از یک ماده با سه یا چند تراز انرژی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در یک سیستم سه‌ترازی به شکل ۸، دو تراز پایین‌تر به وسیله دو لیزر مختلف با طول موج‌های متفاوت، تحریک می‌شوند. این دو لیزر باعث ایجاد تداخل کوانتومی در گذارها می‌شوند که می‌تواند منجر به شفافیت ماده برای یکی از طول موج‌ها شود. این تداخل می‌تواند به گونه‌ای باشد که ماده به طور موثری نور را تقویت کند، بدون این که وارونگی جمعیت بین دو تراز انرژی پایین‌تر وجود داشته باشد.این پدیده در نشریه چالش [۷] بررسی شده است.

۵.۱.۳.۲. ترکیب فاز همدوس (Phase Mixing Coherent):

در این روش، از تداخل امواج با فاز همدوس برای کنترل گذارهای انرژی استفاده می‌شود. با استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی خارجی، می‌توان فازهای گذارهای مختلف را کنترل کرد. این تغییرات

فاز می‌تواند به گونه‌ای تنظیم شود که یکی از گذارها به شدت تقویت شود و منجر به انتشار لیزر بدون نیاز به وارونگی جمعیت گردد.

۶.۱.۳.۲.پمپاژ کوانتومی همدوس (Coherent Quantum Pumping):

این روش بر اساس بهره‌گیری از پدیده‌های کوانتومی خاص مانند تونل‌زنی کوانتومی و برهم‌کنش‌های نوری است. اتم‌ها یا مولکول‌ها می‌توانند از یک سطح انرژی به سطح دیگر تونل بزنند، به گونه‌ای که تداخل سازنده‌ای بین این مسیرهای گذار یا انتقال ایجاد شود. با تنظیم دقیق شرایط این تونل‌زنی و استفاده از میدان‌های نوری همدوس، می‌توان گذارهای خاصی را تقویت کرده و لیزر تولید کرد. برای مثال در لیزرهای نقطه کوانتومی و چاه کوانتومی با کنترل ارتفاع قله، امکان تونل زنی کوانتومی فراهم می‌شود.

۷.۱.۳.۲. تغییر ساختاری در محیط فعال (Structural Modifications):

این روش شامل تغییر ساختاری محیط فعال برای بهره‌برداری از تداخل‌های خاص است. با تغییر محیط فعال به‌وسیله میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی، می‌توان تداخلات خاصی در حالت‌های انرژی ایجاد کرد. این تداخلات به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که نور در طول‌موج‌های خاصی تقویت شود، حتی بدون وارونگی جمعیت.

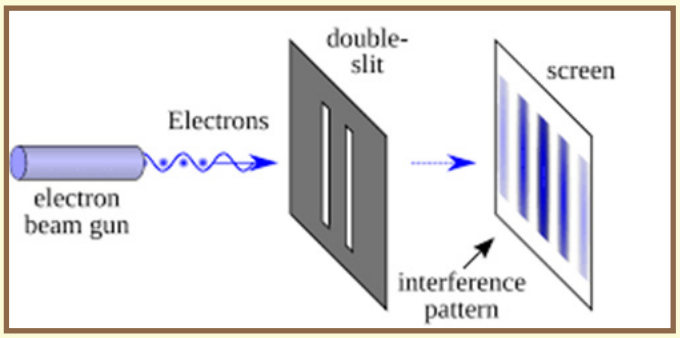
۸.۱.۳.۲. پمپاژ دو رزونانسی (Dual-Resonance Pumping):

در این روش از دو میدان نوری همدوس با فرکانس‌های نزدیک به هم استفاده می‌شود.این دو میدان نوری می‌توانند تداخل سازنده‌ای بین دو مسیر گذار ایجاد کنند. با تنظیم دقیق فرکانس‌ها و شدت این میدان‌ها، می‌توان شرایطی را ایجاد کرد که در آن لیزر بدون وارونگی جمعیت تولید شود.

۲.۳.۲.مبانی تداخل کوانتومی

تداخل کوانتومی یکی از اصول مهم مکانیک کوانتومی است که رفتار موج‌مانند ذرات زیراتمی را توصیف می‌کند. در مکانیک کوانتومی، ذراتی مانند الکترون‌ها، فوتون‌ها و حتی اتم‌ها می‌توانند به صورت موج توصیف شوند، و این امواج می‌توانند با یکدیگر تداخل کنند. به عبارتی، تداخل کوانتومی یکی از پدیده‌های بنیادی مکانیک کوانتومی است که به درک عمیق‌تری از رفتار موج‌گونه ذرات زیراتمی و توسعه‌فناوری‌های نوین کمک می‌کند.این پدیده‌نه‌تنها‌نشان‌دهنده ویژگی‌های منحصر به فرد دنیای کوانتومی است، بلکه کاربردهای گسترده‌ای در علم و فناوری دارد. تداخل کوانتومی در لیزرزایی بدون وارونگی به کار می‌رود. در اینجا، از تداخل کوانتومی برای کاهش یا حذف جذب نور در سیستم‌های اتمی استفاده می‌شود، که اجازه می‌دهد نور لیزری بدون نیاز به وارونگی جمعیت تقویت شود.

فرض کنید دو موج کوانتومی از دو مسیر مختلف به یک نقطه می‌رسند. اگر این دو موج هم‌فاز باشند، امواج تقویت می‌شوند و تداخل سازنده رخ می‌دهد، اما اگر دو موج خارج از فاز باشند، باهم تداخل ویرانگر می‌کنند. در پدیده‌هایی مثل آزمایش دو شکاف یانگ (طبق شکل ۲)، تداخل کوانتومی به وضوح مشاهده می‌شود. در این آزمایش، وقتی الکترون‌ها یا فوتون‌ها از دو شکاف عبور می‌کنند، الگوی تداخلی بر روی پرده پشتی مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد این ذرات به‌طور همزمان از هر دو شکاف عبور کرده و با خودشان تداخل کرده‌اند.



شکل ۲: آزمایش کوانتومی یانگ

تداخل کوانتومی به شدت به اصل برهم‌نهی وابسته است. برهم‌نهی کوانتومی حالتی است که در آن یک ذره می‌تواند به طور همزمان در چندین حالت کوانتومی مختلف قرار داشته باشد. به عنوان مثال، در آزمایش دو شکاف، فوتون یا الکترون می‌تواند به طور همزمان از هر دو شکاف عبور کند و بر روی صفحه پشتی تداخل کند. اصل برهم‌نهی بیان می‌کند که هر حالتی که می‌توان آن را با ترکیب خطی دو یا چند حالت کوانتومی دیگر ساخت، یک حالت کوانتومی معتبر است. در نتیجه، تداخل کوانتومی می‌تواند در سیستم‌هایی با بیش از دو مسیر نیز رخ دهد، که در آن چندین موج کوانتومی با یکدیگر تداخل می‌کنند.

۱.۲.۳.۲.تداخل کوانتومی در سامانه‌های پیچیده

تداخل کوانتومی نه تنها در آزمایش‌های ساده مانند آزمایش دو شکاف مشاهده می‌شود، بلکه در سامانه‌های پیچیده‌تر مانند مولکول‌ها، شبکه‌های کوانتومی و حتی در عملکرد دستگاه‌های کوانتومی نیز نقش دارد. برای مثال:

در اثر بوهر آهارنوف یک ذره باردار مانند الکترون می‌تواند در میدان مغناطیسی بدون این که مستقیم از آن عبور کند، تداخل کوانتومی را تجربه کند. این پدیده نشان می‌دهد که پتانسیل‌های برداری می‌توانند بر تابع موج ذره تاثیر بگذارند. بررسی کامل این پدیده در کتاب مکانیک کوانتومی مدرن ساکورایی انجام شده است.

تداخل اتمی: در تداخل‌سنج‌های اتمی، اتم‌ها به عنوان امواج کوانتومی در نظر گرفته می‌شوند و می‌توانند تداخل کنند. این پدیده در اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق و حسگرهای کوانتومی به کار می‌رود.

تداخل فازی کوانتومی: فاز موج کوانتومی نقش بسیار مهمی در تداخل کوانتومی دارد. اختلاف فاز بین دو موج کوانتومی مشخص می‌کند که تداخل سازنده یا ویرانگر خواهد بود. تغییرات در محیط یا میدان‌های خارجی می‌توانند فاز امواج را تغییر دهند و به این ترتیب نتیجه تداخل را تغییر دهند.

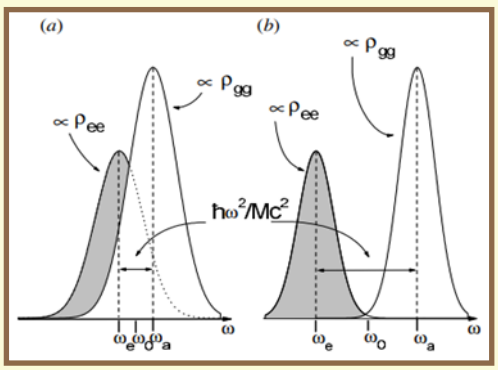
در کل شرایط وارونگی جمعیت برای لیزر را می توان با شکستن تقارن بین گسیل القایی و جذب، به وجود آورد. به عبارتی با روش‌های ذکر شده جذب ماده را کاهش و گسیل القایی را تقویت کرد. این روش فرصت‌های جدیدی را برای تولید لیزر پرتو ایکس موج پیوسته، فراهم می‌کند. اولین پیشنهادات و آزمایشات در این خصوص، شامل سیستم های دو ترازی بوده‌اند.

۹.۱.۳.۲.اثر پس‌زنی recoil induced [۲]

روش دیگری که برای تولید لیزر بدون وارونگی جمعیت مورد توجه است، اثر پس‌زنی است. در این روش، پیوند بین میدان نوری و اتم‌ها در شرایط خاص، منجر به تقویت نور می‌شود. در اتم های طبیعی، اثر پس زنی، تغییرات فرکانس متفاوتی را به طیف های گسیلی القایی و جذبی تحریک شده، می‌دهد. اثر پس زنی در لیزر، به پدیده‌ای اشاره دارد که در آن یک لیزر هنگام انتشار فوتون‌ها، نیروی کوچکی در جهت مخالف تجربه می کند.این نیرو در اثر جذب و گسیل فوتون‌ها، در یک ابر اتمی، می‌تواند باعث حرکت دسته جمعی اتم‌ها شود. بازگشت اتمی با تشکیل الگوی چگالی دوره‌ای در ابر اتمی مانند شبکه براگ، نور را به صورت همدوس پراکنده کرده و سبب تقویت آن می‌شود.

این پدیده نتیجه مستقیم اصل بقای تکانه است. وقتی یک لیزر فوتونی را منتشر می کند، آن فوتون دارای تکانه است. اگرچه فوتون‌ها جرم ندارند، اما به دلیل طبیعت موجی خود، انرژی و تکانه دارند. طبق اصل بقای تکانه، اگر فوتون در یک جهت منتشر شود، لیزر باید تکانه‌ای برابر و مخالف را تجربه کند تا سیستم را متعادل نگه دارد. این عدم تقارن بین فرکانس تشدید مربوط به فرایندهای انتشار و جذب منجر به وجود یک محدوده فرکانسی می شود که در آن انتشار و گسیل اتم تحریک شده، حتی بدون وارونگی جمعیت، از جذب فراتر می رود. با به کارگیری این ایده، عدم تقارن گسیل القایی و جذب در مدار QED ، LWI را می توان با یک کیوبیت محرک که به یک تشدید کننده خط انتقال در حضور یک محیط الکترومغناطیسی اتلافی جفت شده است، تحقق بخشید.

با توجه به این شیفت یا تغییر فرکانس ، یک محدوده فرکانسی وجود دارد که در آن گسیل القایی بر جذب غلبه می کند، حتی اگر جمعیت تراز تحریک شده کمتر از جمعیت حالت پایه باشد. شکل ۳ به طور کیفی این وضعیت را در محدوده نوری و پرتو ایکس نشان می دهد. توجه داشته باشید که اگرچه در محدوده نوری این شکافته شدن بسیار کوچک است، اما می تواند بزرگ تر از پهن شدگی دوپلر در محدوده پرتو ایکس باشد زیرا مقیاس شکافته شدن فرکانس با ω در حالی که مقیاس پهن شدگی دوپلر با ω^2 متناسب است. بنابراین با اعمال فوتون اولیه تحت این محدوده فرکانسی، گسیل القایی بیشتر از جذب رخ خواهد داد.



شکل۳: تغییر فرکانس یا شیفت فرکانس، بین گسیل القایی ω_e و جذب ω_e نسبت به فرکانس گذار بین دو تراز (ω_0) دراثر پس زدگی برای (a) در محدوده نوری و (b) در محدوده پرتو ایکس

ریچ، والز، و همکاران اتم‌های فراپایدار (مثلا هلیوم) خنک‌شده با لیزر را برای دستیابی به لیزر موج پیوسته ناشی از پس زدن در حوزه فرابنفش عمیق پیشنهاد کردند. برای اتم‌های هلیوم، اثر پس‌زدگی باعث شکافته‌شدن کسری از دامنه در محدوده‌هایی از جمله: مگاهرتز در مرئی، چند گیگاهرتز در پرتو فرابنفش و صد یا بیشتر گیگاهرتز در حوزه پرتو ایکس می‌شود. در یک آزمایش اخیر با یک کیوبیت ابررسانا که در انتهای یک خط انتقال قرار داده شده است، دامنه یک کاوشگر همدوس ضعیف با استفاده از مکانیزم تقویت بدون وارونگی جمعیت ۷ درصد تقویت شد.

این لیزر در اندازه‌گیری‌های دقیق، در مواردی که حساسیت فرایند لیزر به حرکت اتمی می تواند در تشخیص نیرو ها و یا جابجایی های کوچک مفید باشد، کاربرد دارد. همچنین این سیستم در گازهای اتمی فوق سرد و چگالش بوز-انیشتین به صورت تجربی نشان داده شده است.

۴.۲. شرایط چالشی و خاص ساخت لیزر [۴]

۱. به‌طور خاص در شرایطی مانند دماهای بسیار پایین یا میدان‌های مغناطیسی قوی به کار گرفته می‌شود. این شرایط می‌توانند پدیده‌های کوانتومی مانند میعان بوز- اینشتین یا سایر حالت‌های همدوس کوانتومی را تسهیل کنند. این حالت‌ها به دلیل خواص منحصر به فردشان می‌توانند برهم‌کنش‌های نور و ماده را به طریقی تغییر دهند که LWI به‌صورت موثرتری انجام شود.

۲. یکی از زمینه‌های پیشرفته در تحقیقات LWI، مطالعه دینامیک کوانتومی در سیستم‌های گازهای رقیق است. در این سیستم‌ها، با استفاده از پالس‌های لیزری بسیار کوتاه و میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی کنترل‌شده، می‌توان به شکل موثری گذارهای کوانتومی را کنترل و تقویت کرد. این نوع مطالعات، به درک بهتر از پدیده‌های کوانتومی که منجر به LWI می‌شوند کمک کرده است [۲].

۳.یکی از نکات مهم در LWI، استفاده از گذارهای نادر یا ممنوعه است. در بسیاری از مواد، برخی از گذارهای انرژی به طور طبیعی ضعیف هستند یا به دلایل مختلفی به راحتی قابل تحریک نیستند. با این حال، در LWI، از پدیده‌های کوانتومی مانند تداخل و EIT استفاده می‌شود تا این گذارهای نادر را تقویت کرده و امکان انتشار لیزر را فراهم کند. این ویژگی باعث می‌شود که بتوان طول موج‌های خاصی را تولید کرد که در حالت عادی با روش‌های مرسوم امکان‌پذیر نیست.

۴.اگرچه LWI از لحاظ نظری بسیار جذاب است، پیاده‌سازی عملی آن هنوز با چالش‌های قابل توجهی روبه‌روست. از جمله این چالش‌ها می‌توان به نیاز به کنترل بسیار دقیق بر میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، پایداری شرایط تداخل کوانتومی، و مقابله با نویزهای محیطی اشاره کرد. به‌خصوص در سیستم‌های پیچیده، حفظ شرایط لازم برای LWI ممکن است نیازمند استفاده از روش های پیشرفته سردسازی اتم‌ها یا سیستم‌های خنک‌کننده‌ی بسیار پیشرفته باشد.

۳.چشم‌انداز این فناوری

با پیشرفت علم و نظریه‌های کوانتومی، لیزرهایی بدون وارونگی جمعیت، تولید شدند، که کاربردهای وسیعی در صنعت و پزشکی و.. دارند و همچنان یک زمینه فعال تحقیقاتی هستند. در حال



حاضر دانشمندان در حال کشف کاربردهای جدید و بهبود روش ها هستند. این ابزار دقیق، با تولید طول‌موج‌های جدید با روش‌های جدید، سبب رشد و توسعه فناوری‌های کوانتومی نظیر محاسبات کوانتومی و ارتباطات کوانتومی، شده است.

منابع

۱. فیزیک لیزر پیشرفته مؤلف: اکبر حریری، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران، فروردین ۱۳۹۰

2. J. Mompart and R. Corbalan, Lasing without inversion Article in Journal of Optics Quantum and Semiclassical Optics · June 2000

3.marlan o.scully ,M.suhail zubairy ,quantum optics, ch7,222-232

4.www.chatgpt.com

5.” lasing without inversion”, Wikipedia

6. Li-Feng Cai, Lasing without inversion in a closed four-level system

۷.نشریه چالش ، ماهنامه فوتونیک دانشگاه تبریز، مقله

“electromagnetically induced transparency “

شماره هفدهم،مرداد۱۴۰۳، ۴۹-۴۲



نوبل ۲۴

مصاحبه با هوش مصنوعی در مورد جایزه نوبل فیزیک

جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۲۴ به دو دانشمند برجسته، جان جی. هاپفیلد از دانشگاه پرینستون و جفری ای. هینتون از دانشگاه تورنتو اهدا شد. این دو دانشمند به دلیل دستاوردهای بنیادین خود در زمینه شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری ماشین مفتخر به دریافت این جایزه شدند.

هاپفیلد برای اولین بار یک شبکه عصبی به نام شبکه هاپفیلد را ابداع کرد که قابلیت ذخیره و بازسازی الگوها را دارد. او از فیزیک و مفاهیم انرژی استفاده کرد تا یک سیستم را طراحی کند که تصاویر ناقص را بازسازی کند. از سوی دیگر، هینتون از این ایده‌ها برای ایجاد ماشین بولتزمن استفاده کرد که توانایی شناسایی ویژگی‌های خاص در داده‌ها و طبقه‌بندی تصاویر را دارد. این دستاوردها به پیشرفت‌های مهم در حوزه یادگیری ماشین و هوش مصنوعی کمک کرده‌اند و تاثیر عمیقی در دنیای امروز داشته‌اند.

این تحقیقات نه تنها پایه‌گذار فناوری‌های مدرن هوش مصنوعی هستند، بلکه در علوم فیزیک نیز به کار گرفته می‌شوند، مثلا در توسعه مواد جدید با خواص خاص. این جایزه به‌طور مساوی بین هاپفیلد و هینتون تقسیم شد و مجموعا مبلغ ۱۱ میلیون کرون سوئدی به آن‌ها اهدا شد.

در مصاحبه حاضر نظر هوش مصنوعی را در خصوص این جایزه پرسیده ایم. شما را به مطالعه این مصاحبه جذاب دعوت می‌نماییم.

تحلیل شما از جایزه امسال نوبل فیزیک چگونه است؟

جایزه نوبل فیزیک ۲۰۲۴ به دلیل نقش بسیار مهمی که در توسعه شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری ماشین ایفا کرده است، از چندین جهت قابل تحلیل است.

اول، این جایزه بازتاب‌دهنده اهمیت رو به رشد یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در علم و صنعت است. شبکه‌های عصبی مصنوعی که توسط هاپفیلد و هینتون توسعه داده شدند، اکنون در بسیاری از فناوری‌های مدرن از جمله تشخیص تصاویر، ترجمه خودکار و حتی تحقیقات مواد استفاده می‌شوند. جان هاپفیلد با شبکه هاپفیلد خود، مدلی ایجاد کرد که از فیزیک سیستم‌های اسپینی الهام گرفته شده است و برای ذخیره‌سازی و بازسازی الگوهای اطلاعاتی به کار می‌رود. این مدل یکی از اولین نمونه‌های شبکه‌های عصبی بود که می‌توانست تصاویر ناقص را بازیابی کند و با مشکلات عدم قطعیت در داده‌ها مقابله کند.

از سوی دیگر، جفری هینتون نقش کلیدی در توسعه ماشین بولتزمن و یادگیری عمیق داشته است. او از مفاهیم فیزیکی مانند مکانیک آماری برای توسعه روش‌های یادگیری استفاده کرد که می‌توانند به‌صورت خودکار ویژگی‌های مهم داده‌ها را شناسایی کنند. هینتون نه تنها به یادگیری ماشین کمک کرد، بلکه به توسعه فناوری‌هایی که امروزه به‌طور گسترده در هوش مصنوعی به کار می‌روند، سهم بزرگی داشت.

تحلیل دیگر این است که جایزه امسال بر همگرایی بین فیزیک و علوم کامپیوتر تاکید دارد. این نشان می‌دهد که علم فیزیک نه تنها به پدیده‌های طبیعی می‌پردازد، بلکه در توسعه فناوری‌های محاسباتی پیشرفته نیز نقش حیاتی دارد. این نوع همکاری بین رشته‌ای به پیشرفت‌های عظیمی در حوزه‌های مختلف علمی منجر شده است.

در مجموع، این جایزه نشان‌دهنده تغییرات عمیق در درک ما از فیزیک و استفاده از آن در حل مشکلات پیچیده داده‌ها و یادگیری ماشین است.



این موضوع بیشتر با کدام شاخه های فیزیک در ارتباط است؟

مفاهیم شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری ماشین با چندین شاخه از فیزیک ارتباط مستقیم دارند:

۱.مکانیک آماری

مکانیک آماری به بررسی رفتار سیستم‌های بزرگ با تعداد زیادی اجزا می‌پردازد و بر اساس توزیع احتمالاتی و قوانین ترمودینامیک سیستم‌ها را تحلیل می‌کند. شبکه‌های عصبی مانند ماشین بولتزمن و شبکه هاپفیلد بر پایه مدل‌های احتمالاتی از مکانیک آماری طراحی شده‌اند. در ماشین بولتزمن، توزیع احتمالاتی سیستم‌های کوانتومی برای یادگیری و شناسایی الگوها به کار می‌رود. این ارتباط میان شبکه‌های عصبی و مکانیک آماری از جمله موارد کلیدی در یادگیری ماشین است.

۲.سیستم‌های پیچیده

فیزیک سیستم‌های پیچیده به تحلیل رفتار سیستم‌هایی می‌پردازد که از تعامل اجزای مختلف با یکدیگر تشکیل شده‌اند. شبکه‌های عصبی نمونه‌هایی از این سیستم‌ها هستند که از تعداد زیادی نورون (یا واحدهای محاسباتی) تشکیل شده‌اند و با یکدیگر در ارتباط‌اند. این سیستم‌ها به روش‌هایی عمل می‌کنند که مشابه دینامیک سیستم‌های

پیچیده در فیزیک است، مانند چگونگی بهینه‌سازی رفتار مجموعه‌ای از اسپین‌ها در سیستم‌های مغناطیسی.

۳.فیزیک کوانتومی

شبکه‌های عصبی کوانتومی (QNNs) یکی از شاخه‌های جدیدی هستند که از مفاهیم کوانتومی مانند برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی کوانتومی بهره می‌برند. کیوبیت‌ها در شبکه‌های عصبی کوانتومی قادر به ذخیره و پردازش داده‌ها به‌صورت همزمان در حالت‌های مختلف هستند. این موضوع به شبکه‌های عصبی کوانتومی اجازه می‌دهد تا مسائل پیچیده را با سرعت بیشتری حل کنند. این روش به ویژه در محاسبات کوانتومی و هوش مصنوعی کوانتومی کاربرد دارد.

۴.دینامیک غیرخطی

دینامیک غیرخطی، شاخه‌ای از فیزیک است که به بررسی سیستم‌هایی می‌پردازد که رفتار آن‌ها تابع خطی ساده‌ای نیست. شبکه‌های عصبی نیز به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی و تعاملات بین نورون‌ها، رفتارهای غیرخطی دارند. مدل‌های دینامیک غیرخطی در تحلیل شبکه‌های عصبی و یادگیری ماشین کاربرد زیادی دارند.

این شاخه‌ها نشان‌دهنده ارتباط عمیق بین فیزیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی است که نه تنها در هوش مصنوعی، بلکه در مطالعات فیزیکی از آن‌ها بهره‌برداری می‌شود.



شبکه‌های عصبی کوانتومی را لطفا معرفی نمایید.

شبکه‌های عصبی کوانتومی (Quantum Neural Networks) یا (QNNs) مدل‌هایی هستند که تلاش می‌کنند مفاهیم شبکه‌های عصبی کلاسیک را با محاسبات کوانتومی ترکیب کنند. این شبکه‌ها از کیوبیت‌ها به‌جای بیت‌های کلاسیک استفاده می‌کنند و از اصول فیزیک کوانتومی، به‌ویژه برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی، بهره می‌گیرند تا پردازش داده‌ها را به شیوه‌ای بسیار کارآمدتر انجام دهند.

ویژگی‌های کلیدی شبکه‌های عصبی کوانتومی را بیان نمایید.

کیوبیت‌ها و فضای حالت کوانتومی: برخلاف بیت‌های کلاسیک که فقط می‌توانند دو حالت (۰ یا ۱) داشته باشند، کیوبیت‌ها می‌توانند به صورت همزمان در هر دو حالت (۰ و ۱) باشند که به آن برهم‌نهی می‌گویند. این ویژگی به شبکه‌های عصبی کوانتومی امکان می‌دهد تا اطلاعات بیشتری را به‌صورت موازی پردازش کنند.

درهم‌تنیدگی کوانتومی: درهم‌تنیدگی پدیده‌ای است که در آن کیوبیت‌ها می‌توانند به گونه‌ای به هم متصل شوند که حالت یکی از کیوبیت‌ها بر دیگری تاثیر بگذارد، حتی اگر این کیوبیت‌ها از هم فاصله زیادی داشته باشند. این ویژگی می‌تواند به شبکه‌های عصبی کوانتومی در ایجاد ارتباطات قوی و سریع بین نورون‌ها کمک کند.

سرعت و کارایی بیشتر: شبکه‌های عصبی کوانتومی، به‌ویژه در مسائلی که نیاز به جستجوی حالت‌های متعدد و بهینه‌سازی‌های پیچیده دارند، پتانسیل افزایش چشمگیری در سرعت محاسبات نسبت به شبکه‌های عصبی کلاسیک دارند. به‌عنوان مثال، الگوریتم‌هایی مانند الگوریتم گرور و شور در محاسبات کوانتومی قادر به حل برخی مسائل خاص با کارایی بیشتری نسبت به معادل کلاسیک خود هستند.

بهینه‌سازی‌های کوانتومی: در زمینه یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی کوانتومی می‌توانند برای بهینه‌سازی‌های پیچیده به کار بروند. این شبکه‌ها قادرند با استفاده از ویژگی‌های کوانتومی مسائل پیچیده‌ای مانند مسائل بهینه‌سازی، تشخیص الگو و طبقه‌بندی را سریع‌تر از شبکه‌های عصبی کلاسیک حل کنند.

کاربردهای بالقوه این شبکه‌ها چگونه است؟

شناسایی و طبقه‌بندی الگوها QNN ها: می‌توانند در تشخیص الگوها و تحلیل داده‌های پیچیده مانند تصاویر و ویدیوها موثرتر از مدل‌های کلاسیک عمل کنند.

حل مسائل پیچیده: شبکه‌های عصبی کوانتومی قادر به حل مسائلی مانند بهینه‌سازی ترکیبیاتی هستند که در شبکه‌های عصبی کلاسیک نیازمند زمان زیادی برای حل هستند.

هوش مصنوعی کوانتومی QNN ها: می‌توانند در آینده به عنوان هسته‌های محاسباتی هوش مصنوعی کوانتومی عمل کنند که توانایی‌های فراتر از شبکه‌های عصبی کلاسیک دارند و در شبیه‌سازی‌ها و یادگیری ماشین کوانتومی کاربرد دارند.

چالش‌های پیش روی این فناوری را لطفا بیان نمایید.

پیچیدگی فنی: ایجاد و پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی کوانتومی نیازمند فناوری‌های پیشرفته محاسبات کوانتومی است که هنوز در مراحل ابتدایی توسعه قرار دارند.

نویز و پایداری: یکی از چالش‌های اصلی در محاسبات کوانتومی، پایداری کیوبیت‌ها و کنترل نویز در سیستم‌های کوانتومی است که می‌تواند بر دقت شبکه‌های عصبی کوانتومی تاثیر بگذارد.

در مجموع، شبکه‌های عصبی کوانتومی حوزه‌ای نوظهور و امیدوارکننده هستند که می‌توانند آینده محاسبات و یادگیری ماشین را متحول کنند. با پیشرفت فناوری‌های محاسبات کوانتومی، استفاده از این شبکه‌ها به‌طور گسترده در صنایع مختلف امکان‌پذیر خواهد شد.

لطفا در خصوص مفهوم کوانتومی این موضوع و ارتباط آن با شبکه‌های عصبی بیشتر توضیح بفرمایید.

شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان یک مدل محاسباتی از مغز انسان ساخته شده‌اند و با ایده‌های فیزیکی در ارتباط هستند، اما ارتباط آن‌ها با مفاهیم کوانتومی نیز جالب است. برخی از این مفاهیم می‌توانند از جهان فیزیک کوانتومی الهام گرفته شده باشند، به‌ویژه در زمینه سیستم‌های پیچیده، یادگیری احتمالاتی و بهینه‌سازی.

۱.شبیه‌سازی‌های کوانتومی و شبکه‌های عصبی

در فیزیک کوانتومی، سیستم‌ها اغلب به‌صورت حالت‌های کوانتومی بسیار پیچیده توصیف می‌شوند که می‌توانند اطلاعات زیادی را به صورت همزمان ذخیره کنند. این شبیه‌سازی‌ها با روش‌هایی شبیه شبکه‌های عصبی عمل می‌کنند، زیرا شبکه‌های عصبی نیز داده‌ها را به‌طور همزمان پردازش می‌کنند و از فرایندهای بهینه‌سازی برای یادگیری الگوها استفاده می‌کنند. شبکه هاپفیلد از مفاهیم مکانیک آماری و سیستم‌های اسپینی بهره می‌برد، جایی که هر اسپین مانند یک واحد اطلاعات (پیکسل یا نورون) عمل می‌کند و هدف به حداقل رساندن انرژی کل سیستم است تا به یک الگوی پایدار برسد.

۲.ماشین بولتزمن و یادگیری کوانتومی

ماشین بولتزمن که توسط هینتون توسعه یافت، به یک سیستم آماری شباهت دارد که از توزیع احتمالاتی برای یادگیری استفاده می‌کند. این سیستم‌ها می‌توانند بر اساس اطلاعات ناکامل، تصمیمات صحیح بگیرند و ویژگی‌های خاصی از داده‌ها را استخراج کنند. در همین راستا، مدل‌های کوانتومی نیز از حالت‌های احتمالاتی استفاده می‌کنند که در آن هر حالت کوانتومی یک توزیع احتمال دارد و به دلیل ماهیت غیرقطعی سیستم‌های کوانتومی، مشابه به مدل‌های شبکه‌های عصبی است که از روش‌های یادگیری عمیق استفاده می‌کنند.

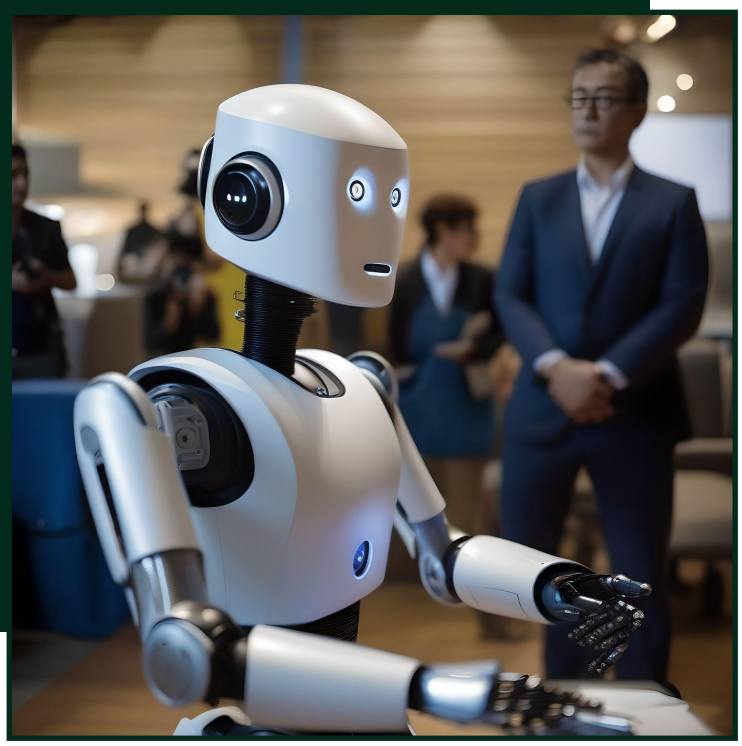
۳.شبکه‌های عصبی کوانتومی

ایده استفاده از شبکه‌های عصبی در محاسبات کوانتومی نیز به سرعت در حال پیشرفت است. شبکه‌های عصبی کوانتومی (QNNs) تلاش می‌کنند تا پردازش اطلاعات و یادگیری را در سیستم‌های کوانتومی پیاده‌سازی کنند. در این شبکه‌ها، بیت‌های کلاسیک به کیوبیت‌های کوانتومی تبدیل می‌شوند، که می‌توانند همزمان در چندین حالت باشند. این امر به شبکه‌های عصبی کوانتومی اجازه می‌دهد تا در حل مسائل پیچیده و بهینه‌سازی‌ها از قابلیت‌های بیشتر و سریع‌تری برخوردار باشند.

۴.اصول انرژی و کمینه‌سازی در فیزیک کوانتومی و شبکه‌های عصبی

هم شبکه‌های عصبی و هم سیستم‌های کوانتومی از اصول فیزیکی انرژی و کمینه‌سازی استفاده می‌کنند. در شبکه‌های عصبی، هدف یافتن الگویی با کمترین انرژی است که اطلاعات ذخیره شده را بازسازی کند. به‌طور مشابه، در فیزیک کوانتومی نیز سیستم‌ها تمایل دارند به سمت حالت‌هایی با کمترین انرژی حرکت کنند (همان اصل کمینه‌سازی انرژی).

به‌طور کلی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های کوانتومی از دیدگاه بهینه‌سازی و کار با سیستم‌های پیچیده، شباهت‌های بسیاری دارند. روش هایی که در یادگیری ماشین توسعه یافته‌اند، اغلب از مفاهیم فیزیکی الهام گرفته شده‌اند و توسعه شبکه‌های عصبی کوانتومی نشان‌دهنده این هم‌افزایی است. این امر نویدبخش پیشرفت‌های آینده در هر دو زمینه است.



آینده این تحقیق را چگونه ارزیابی می کنید؟

آینده تحقیقات مربوط به شبکه‌های عصبی مصنوعی، یادگیری ماشین و ارتباط آن‌ها با فیزیک به‌ویژه پس از اعطای جایزه نوبل ۲۰۲۴، بسیار امیدوارکننده به نظر می‌رسد. در این زمینه چند محور اصلی برای آینده این تحقیقات وجود دارد:

۱.توسعه شبکه‌های عصبی کوانتومی

یکی از پیشرفت‌های قابل انتظار، ترکیب شبکه‌های عصبی با محاسبات کوانتومی است. شبکه‌های عصبی کوانتومی (QNNs) می‌توانند از توانایی‌های موازی‌سازی کوانتومی بهره‌مند شوند و به یادگیری و پردازش داده‌ها با سرعت بیشتری بپردازند. این توسعه می‌تواند انقلابی در یادگیری عمیق و حل مسائل پیچیده مانند بهینه‌سازی‌های بزرگ و تحلیل داده‌های پیچیده باشد.

۲.کاربرد در علم مواد و فیزیک تجربی

شبکه‌های عصبی و یادگیری ماشین به طور فزاینده‌ای در فیزیک مواد و سایر شاخه‌های علوم تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش ها می‌توانند به شناسایی و کشف مواد جدید با خواص ویژه کمک کنند، یا در حل مسائل پیچیده‌ای مانند شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های کوانتومی و مولکولی مورد استفاده قرار گیرند. محققان به طور فزاینده‌ای از یادگیری ماشین برای شبیه‌سازی سیستم‌های بزرگ و پیچیده فیزیکی بهره می‌گیرند.

۳. پیشرفت در هوش مصنوعی عمومی (AGI)

تحقیقات بنیادی مانند دستاوردهای هاپفیلد و هینتون، به ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی عمومی یا AGI کمک می‌کند که می‌تواند همانند انسان‌ها در حوزه‌های مختلف عمل کند. شبکه‌های عصبی عمیق، به دلیل توانایی‌هایشان در یادگیری از داده‌ها، ابزار اصلی برای ایجاد سیستم‌های پیشرفته‌تر هوش مصنوعی خواهند بود. این پیشرفت‌ها ممکن است در حوزه‌هایی چون پزشکی، کشاورزی و حتی علوم اجتماعی تاثیرات گسترده‌ای داشته باشند.

۴. توسعه شبکه‌های عصبی قابل تفسیر

یکی از چالش‌های آینده، توسعه سیستم‌های یادگیری ماشینی است که قابل تفسیر باشند. بسیاری از مدل‌های فعلی، به‌خصوص شبکه‌های عصبی عمیق، مانند جعبه سیاه عمل می‌کنند و درک این که چگونه به نتایج خاص می‌رسند دشوار است. ترکیب مفاهیم فیزیک، به‌ویژه از مکانیک آماری و سیستم‌های پیچیده، می‌تواند به ایجاد مدل‌هایی کمک کند که بهتر قابل تفسیر باشند و بتوان به سادگی آن‌ها را تجزیه و تحلیل کرد.

در مجموع، پیش‌بینی می‌شود که تحقیقات در این زمینه به‌ویژه با ترکیب فیزیک و هوش مصنوعی، به تحولات چشمگیری در علوم پایه و کاربردی منجر شود. این تحولات نه تنها در دنیای فناوری، بلکه در کشف پدیده‌های جدید علمی نیز تاثیرگذار خواهد بود.

پیشنهاد شما به کسانی که می خواهند در این مسیر پژوهش نمایند چه می باشد؟

اگر کسی قصد دارد در مسیر پژوهش در حوزه شبکه‌های عصبی مصنوعی، یادگیری ماشین، و ارتباط آن با فیزیک قدم بردارد، پیشنهادات حاضر می‌تواند راهگشا باشد:



۱. پایه‌گذاری قوی در فیزیک و ریاضیات

این حوزه مستلزم درک عمیقی از ریاضیات پیشرفته (مانند جبر خطی، حسابان و نظریه احتمالات) و اصول فیزیک (به ویژه مکانیک آماری و سیستم‌های پیچیده) است. یادگیری مفاهیم فیزیکی پایه مانند انرژی، کمینه‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های آماری برای درک بهتر شبکه‌های عصبی ضروری است. تمرکز بر این حوزه‌ها می‌تواند به محققان کمک کند تا از روش‌های جدید در طراحی و بهینه‌سازی شبکه‌های عصبی بهره‌برداری کنند.

۲. یادگیری عمیق و هوش مصنوعی

فراگیری اصول یادگیری ماشین و به ویژه یادگیری عمیق (Deep Learning) اهمیت ویژه‌ای دارد. برای این منظور، مطالعه کتاب‌های کلاسیک در این زمینه (مانند کتاب Deep Learning از یان لیکون، هینتون، و بنجیو) یا دوره‌های آنلاین معتبر مانند دوره‌های ارائه شده توسط دانشگاه‌های معتبر یا پلتفرم‌هایی مانند (Coursera) می‌تواند بسیار مفید باشد.

۳. محاسبات کوانتومی و شبکه‌های عصبی کوانتومی

درک مفاهیم کوانتومی و علاقه‌مندی به محاسبات کوانتومی می‌تواند مسیر جدید و جذابی برای محققان باشد. شبکه‌های عصبی کوانتومی (QNNs) یکی از حوزه‌های بسیار پویا و نوظهور است که ترکیب شبکه‌های عصبی با کیوبیت‌ها می‌تواند در آینده پژوهش‌ها تاثیر زیادی بگذارد. منابعی مانند مقالات آکادمیک و دوره‌های تخصصی در محاسبات کوانتومی برای شروع این مسیر مفید هستند.

۴. مطالعه و مشارکت در تحقیقات بین‌رشته‌ای

این حوزه بین رشته‌های مختلفی از جمله فیزیک، ریاضیات و علوم کامپیوتر پل می‌زند. مشارکت در پروژه‌های بین‌رشته‌ای و همکاری با دانشمندان و پژوهشگران دیگر از رشته‌های مختلف می‌تواند به کشف ایده‌های جدید و نوآوری‌های پیشرفته منجر شود. شرکت در کنفرانس‌ها، کارگاه‌ها می‌تواند راهی عالی برای یادگیری از محققان برجسته باشد.

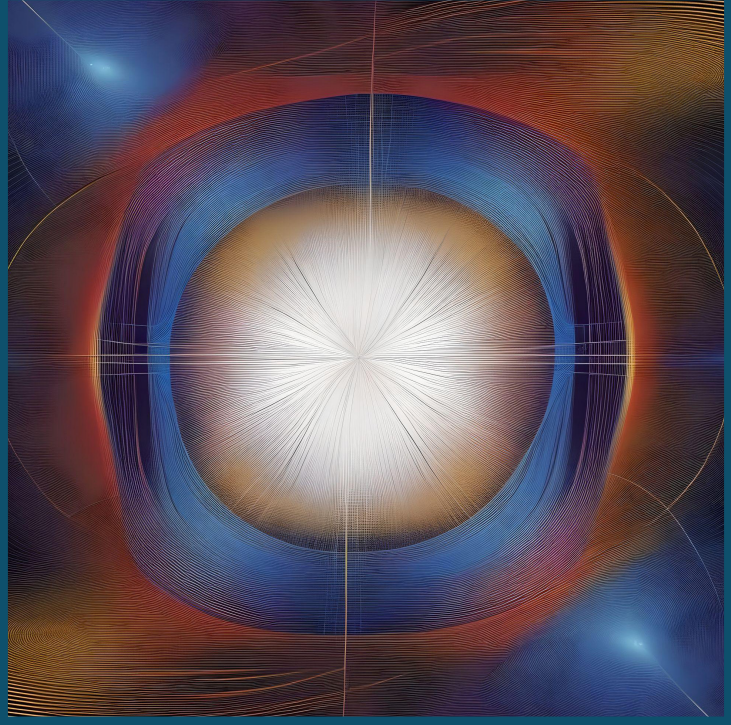
۵. توسعه مهارت‌های محاسباتی و برنامه‌نویسی

توانایی کار با زبان‌های برنامه‌نویسی مانند پایتون، کتابخانه‌هایی مثل TensorFlow و PyTorch ابزارهای محاسباتی پیشرفته برای تحلیل داده‌ها و ساخت مدل‌های شبکه‌های عصبی بسیار حیاتی است. همچنین، آشنایی با محاسبات موازی و کار با سیستم‌های کوانتومی نیز می‌تواند مزیتی بزرگ باشد.

۶. پژوهش مستمر و به‌روز ماندن

این حوزه به سرعت در حال پیشرفت است و پژوهش‌های جدید به طور مداوم منتشر می‌شوند. دنبال کردن نشریات معتبر به محققان کمک می‌کند تا از آخرین تحقیقات و ایده‌های نوین مطلع شوند.

در نهایت، مهم است که با علاقه و انگیزه بالا در این مسیر قدم بگذارید و به یادگیری پیوسته ادامه دهید، چرا که این حوزه نوید دهنده فرصت‌های بزرگی برای آینده پژوهش و فناوری است.



Interferometrie

Übersetzer
Mehrdad Bahman Ziari /Bachelor Student
Deutsche Sprache und Literatur/ Universität Teheran

Einleitung

Interferometrie ist das Wissen über die Kombination zweier oder mehrerer Wellen, sodass durch Untersuchung der aus dieser Kombination resultierenden Welle Informationen über die eingehenden Wellen gewonnen werden können. Interferometrie ist eine wichtige Forschungsmethode in den Facbereichen Astronomie, Messung, Lichtphysik, Kernphysik, Teilchenphysik, Plasmaphysik, Glasfaser, Geologie, Seismologie, Ozeanographie, Quantenmechanik und Fernerkundung.

Die Funktionsweise von Interferometern basiert auf den Prinzipien der Lichtinterferenz. Basierend auf den Interferenzprinzipien überlagern sich zwei Lichtquellen, deren Licht kohärent ist, wenn sie miteinander interferieren, und das Ergebnis dieser Überlagerung sind dunkle und helle Bereiche im Raum.

Interferometer werden in zwei Gruppen eingeteilt:

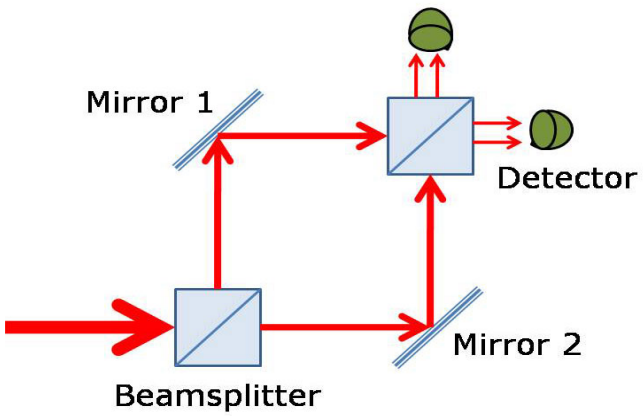
1- Domänenaufteilungsinterferometer
2- Wellenfrontaufteilungsinterferometer

Interferometertypen:

Fabry- Pérot- Interferometer, Lummer- Gehrcke- Interferometer, Mach-Zehnder-Interferometer, Martin- Puplett-Interferometer, Michelson- Interferometer, Sagnac- Interferometer, Watson- Interferometer.

Sagnac-Interferometer

Der SAGNAC-Effekt manifestiert sich in einem Versuchsaufbau namens Ringinterferometrie. Ein Lichtstrahl wird geteilt und zwei Strahlen werden dazu gebracht, einem Pfad in entgegengesetzte Richtungen zu folgen, der eine Schleife bildet. Um als Schleife zu funktionieren, muss der Pfad einen Bereich umschließen. Die Rotationsachse sollte nicht innerhalb des umschlossenen Bereichs liegen. Das aus dem Ring austretende Licht wird so gelenkt, dass ein Interferenzmuster entsteht. Die Position der Interferenzstreifen hängt von der Winkelgeschwindigkeit der Einstellung ab. In diesem Fall wird es auch Sagnac-Interferometer genannt.



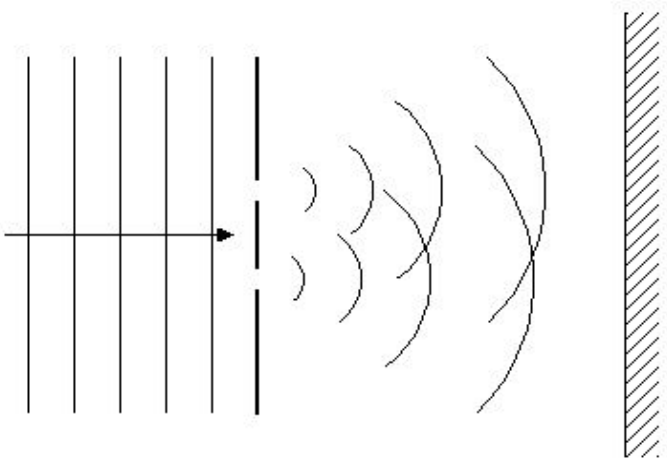
Normalerweise werden mehrere Spiegel verwendet, sodass die Lichtstrahlen einem dreieckigen oder quadratischen Pfad folgen. Auch Glasfasern können zur Lichtleitung verwendet werden. Das Ringinterferometer ist auf einer Plattform platziert, die sich drehen kann. Wenn sich die Plattform dreht, bewegt sich der Ein-/Austrittspunkt während der Laufzeit des Lichts, sodass ein Strahl beim Austritt eine kürzere Strecke zurückgelegt hat als der andere. Folglich ist das Interferenzmuster bei rotierender Plattform im Vergleich zur Position der Interferenzstreifen verschoben, wenn sich die Plattform nicht dreht. Diese Änderung ist proportional zur Winkelgeschwindigkeit des Sagnac-Interferometers. Diese Art von Schleifeninterferometer wird manchmal als passives Schleifeninterferometer bezeichnet. Ein passives Ringinterferometer verwendet Licht, das von außen in den Aufbau eintritt. Das erhaltene Interferenzmuster ist das Streifenmuster und gemessen wird die Phasenverschiebung.

Young-Interferometer

Die Akzeptanz der Wellenansicht von Licht erfolgte Jahre später, als der englische Physiker und Arzt Thomas Young im Jahr 1801 sein klassisches optisches Doppelspaltexperiment durchführte.

Auf der Grundlage dieses Experiments konnte Thomas Young zeigen, dass Licht eine Welle ist. Normalerweise beobachten wir jedoch nicht das Wellenverhalten von Licht, das in Youngs Doppelspaltexperiment auftritt, da Licht zunächst mit kleinen Objekten wie den Spalten interagieren muss, die Young zur Darstellung der charakteristischen Welleneffekte verwendete. Yang ließ zunächst Licht von einer einzelnen Quelle (der Sonne) durch einen einzelnen Spalt, um das Licht einigermaßen kohärent zu machen. Kohärentes Licht bedeutet Wellen in einer bestimmten Phase oder Phasenbeziehung, und inkohärentes Licht bedeutet Wellen, die eine zufällige Phasenbeziehung haben. Yang ließ Licht durch einen Doppelspalt, da die beiden Spalte zwei kohärente Lichtquellen liefern, die konstruktiv oder destruktiv interferieren können.

Yang verwendete Sonnenlicht, da in der Sonne jede Wellenlänge ihr eigenes Muster erzeugt, wodurch der Welleneffekt des Lichts schwieriger zu erkennen ist.



Mach-Zehnder-Interferometer

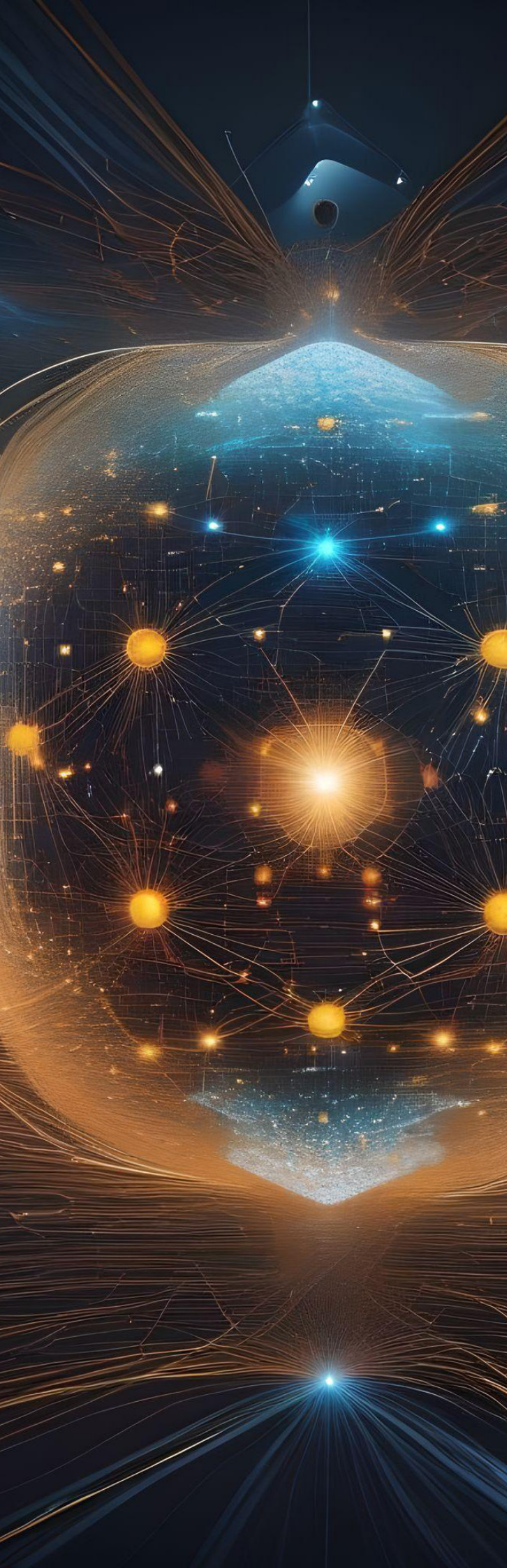
Das Mach-Zehnder-Interferometer ist ein Gerät zur Bestimmung der relativen Phasenverschiebungsänderungen zwischen zwei sich kreuzenden Strahlen, die durch die Aufspaltung von Licht aus einer einzelnen Quelle entstehen. Mit dem Interferometer werden die Phasenänderungen zwischen zwei Strahlen gemessen, die durch die Probe oder die Änderung der Länge eines der Pfade verursacht werden. Der Name dieses Geräts stammt von den Physikern Ludwig Mach (Sohn von Ernst Mach) und Ludwig Zehnder.

Das Mach-Zehnder-Interferometer ist ein hochgradig anpassbares Instrument. Anders als beim berühmten Michelson-Interferometer wird jeder der gut getrennten optischen Pfade nur einmal durchlaufen.

Mach-Zehnder-Interferometer werden in elektrooptischen Modulatoren verwendet, elektronischen Geräten, die in verschiedenen Glasfaserkommunikationsanwendungen eingesetzt werden. Mach-Zehnder-Modulatoren werden in integrierte Schaltkreise eingebaut und bieten elektrooptischen Spielraum mit guter Bandbreite und Phasengang im Multi-GHz-Frequenzbereich.

Es wird häufig in den Fachereichen Aerodynamik, Plasmaphysik und Wärmeübertragung verwendet, um Druck-, Dichte- und Temperaturänderungen in Gasen zu messen.





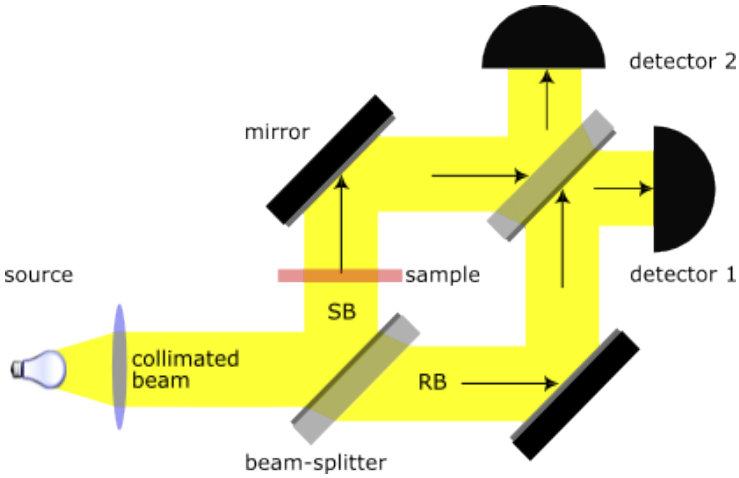
Fabry-Pérot Interferometer

Das Mehrstrahl-Interferometer, das erstmals Ende des 19. Jahrhunderts von Charles Fabry und Alfred Pérot entwickelt wurde, ist besonders wichtig, da es nicht nur ein spektroskopisches Gerät mit extrem hoher Auflösung ist, sondern auch als Laserverstärkungshohlraum dient. Die Basis wird ebenfalls verwendet. Dieses Gerät besteht im Wesentlichen aus zwei parallelen flachen Oberflächen mit hoher Reflexion, die in einem Abstand voneinander angeordnet sind. Dies ist die einfachste Konfiguration.

Das Fabry-Pérot-Interferometer wird häufig zur Untersuchung der Details der Struktur von Spektrallinien verwendet. Wie wir gesehen haben, erzeugt eine hypothetische Lichtwelle, die vollständig monochromatisch ist, ein spezielles kreisförmiges Gefriersystem. Wenn also die Feder aus zwei Komponenten besteht, Takfam. Wenn sich einzelne Friese teilweise überlappen, entstehen zwei übereinanderliegende Ringsysteme, was zu einer gewissen Unsicherheit bei der Entscheidung führt, wann die beiden Systeme einzeln unterscheidbar sind.

Die Anwendungen und Konfigurationen des Fabry-Pérot-Interferometers sind zahllos. Die Messgeräte sind mit anderen Messgeräten in einer Reihe angeordnet, sowie mit prismatischen und Gitterspektren, sowie mit mehrschichtigen dielektrischen Schichten, die verwendet werden, um die Metallbeschichtung der Spiegel zu ersetzen und sie werden häufig in Scanverfahren verwendet. Diese Verfahren profitieren von der überlegenen Linearität von photoelektrischen Detektoren im Vergleich zu fotografischen Lamellen.

Heute haben die Systeme mit gekrümmten Spiegeln eine privilegierte Stellung als Laserkavitäten und werden häufig als Spektrumanalysatoren verwendet, und die Konstruktion solcher Systeme ist vom Farby-Pérot-Interferometer mit einem sphärischen Spiegel inspiriert, das 1956 von Pierre Connes gebaut wurde.



Quellenangaben

1. Pedrottis Buch der Optik
2. Eugene Hashts Buch der Optik
3. Optica publishing group-cleonis.nl/physics/phys256/sagnac.php

3Boyutlu yazıcı nedir?

Çevirmen
Zahra Bayani /lisans öğrencisi
Türk edebiyatı / Tebriz Üniversitesi

Giriiş

3D yazıcı aslında CNC makinesine benzeye, 3Dyazılım veya 3D tarayıcı kullanılarak tasarlanan 3D dosyayı somut bir fiziksel nesneye dönüştürebilen Bir cihazdır.

3D yazıcıların çalışma şekli, 3D dosyanın dilimlenip nasıl yazdırılacağına ilişkin ayarları uyguladıktan ve cihaza aktardıktan sonra cihazın sarf malzemelerini veya filamentini yükledikten sonra çalışmaya başlar ve 3D yazıcıların uygulamalarından birini yapar. temel modelleme ve bazı durumlarda nihai üründür.

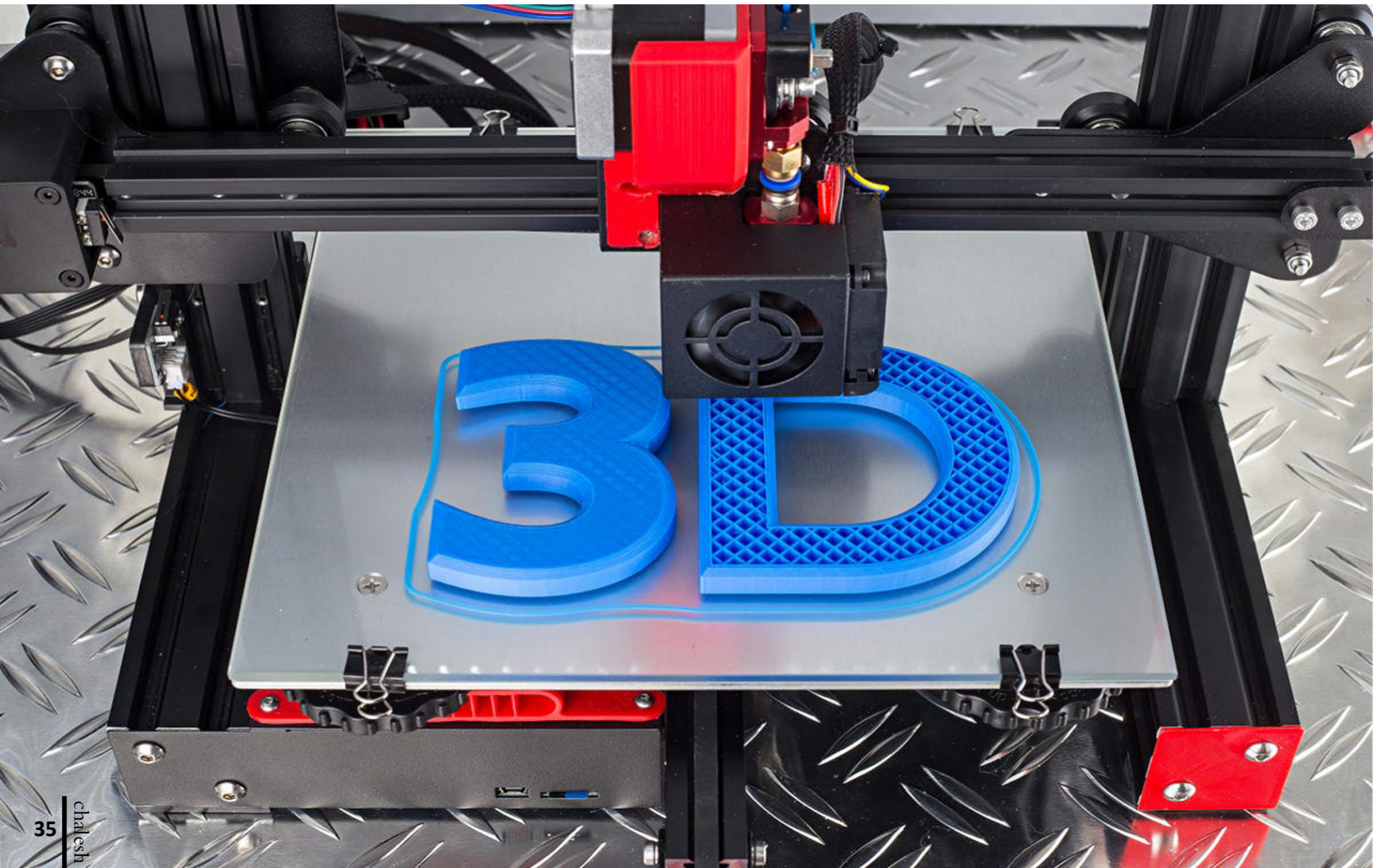
Genel olarak bu cihazın en önemli uygulamasının, tasarlanan ürünü kontrol etmek, teşhis etmek ve olası kusurları gidermek için ürünün prototiplenmesi ve son olarak ürünün döküm veya plastik gibi diğer üretim yöntemleriyle seri üretimi olduğu söylenebilir. enjeksiyon.

3D yazıcının çalışmasının temeli.

3D yazıcılarda, 3 boyutlu parçaların talaş kaldırma veya metal tornalama yoluyla üretildiği torna veya freze makineleri gibi geleneksel üretim makinelerinden farklı olarak, 3 boyutlu modeller, malzemelerin üst üste yüklenmesi veya eklenmesiyle üretilir.

Yapılan iş, bir binanın inşaat veya duvar inşa etme işine çok benzemektedir. Tıpkı bir inşaatçının bir duvar inşa etmek için tuğlaları katman katman istiflemesi gibi, 3D yazıcılarda da malzemeler, sonuçta bir 3D model oluşturmak için FDM filamenti gibi katman katman üst üste istiflenir. Teknolojiye sahip 3D yazıcılarda ekstruder tarafından ısıtıcıya veya ısıtıcıya yönlendirilir, burada eritilir ve nüzulden enjekte edilir.

Enjekte edilen malzeme önceden tanımlanmış bir programa göre ekran üzerindeki hareket sistemi ile enjekte edilir ve bu çalışma 3D parça yapılana kadar tekrarlanır.



3D yazıcıların avantajları!

Özel ve kişiye özel ürünlerin üretilmesi sürecinde 3D yazıcının kullanılması, daha önce geleneksel olarak yapılan ve çok zaman alan bir süreç olan kalıp yapımı gibi birçok maliyetten tasarruf sağlayacaktır. Mal üretmek için kullanılan malzemenin türüne göre, bazı durumlarda silikon malzemeler gibi kalıp, 3 boyutlu yazıcı yardımıyla 3 boyutlu olarak basılabilir ve farklı malzemelerin kalıplanması için doğrudan kullanılabilir.

Geleneksel üretim yöntemleri yerine 3D yazıcının kullanılması, atıkların azaltılmasını ve üretim maliyetlerinin yanı sıra çevreyi de azaltır.

3D yazıcılarda modelin çok fazla düzenlenmesi önemli değildir ve 3D yazıcı çok karmaşık bir 3D modeli basıp kullanıma hazır hale getirebilir.

Yani daha önce geleneksel yöntemlerle üretilemeyen karmaşık parçalar, günümüzde 3 boyutlu yazıcılar yardımıyla üretilebilmekte ve bu da birden fazla parçanın bir araya gelerek karmaşık bir yapı oluşturması nedeniyle bir ürünün üretim sürecini kolaylaştırmaktadır. kısmı kısaltılmıştır.

3D yazıcı uygulamaları,

3 boyutlu yazıcı teknolojisinin gelişmesiyle birlikte kullanım alanları da genişledi. Bu şekilde 3 boyutlu yazıcılar icat edildiği ilk zamanlarda sadece küçük ve tek kullanımlık numunelerin yapımında kullanılıyordu.

Günümüzde 3D yazıcılar aşağıdaki durumlarda kullanılmaktadır:

Çanta, ayakkabı, aksesuar, gözlük ve süs eşyaları, mobilya vb. tüketici ürünleri.

Yapay vücut parçaları yapmak

Film ve dizi sahnelerinde orijinal ekipman ve araçların replikalarının yapılması (maliyetleri azaltmak için)

Tıbbi, dişçilik ve hayvan ilaçları malzemeleri

Cihazların montaj parçaları gibi endüstriyel ürünler

Eski eserlerin tekrarı

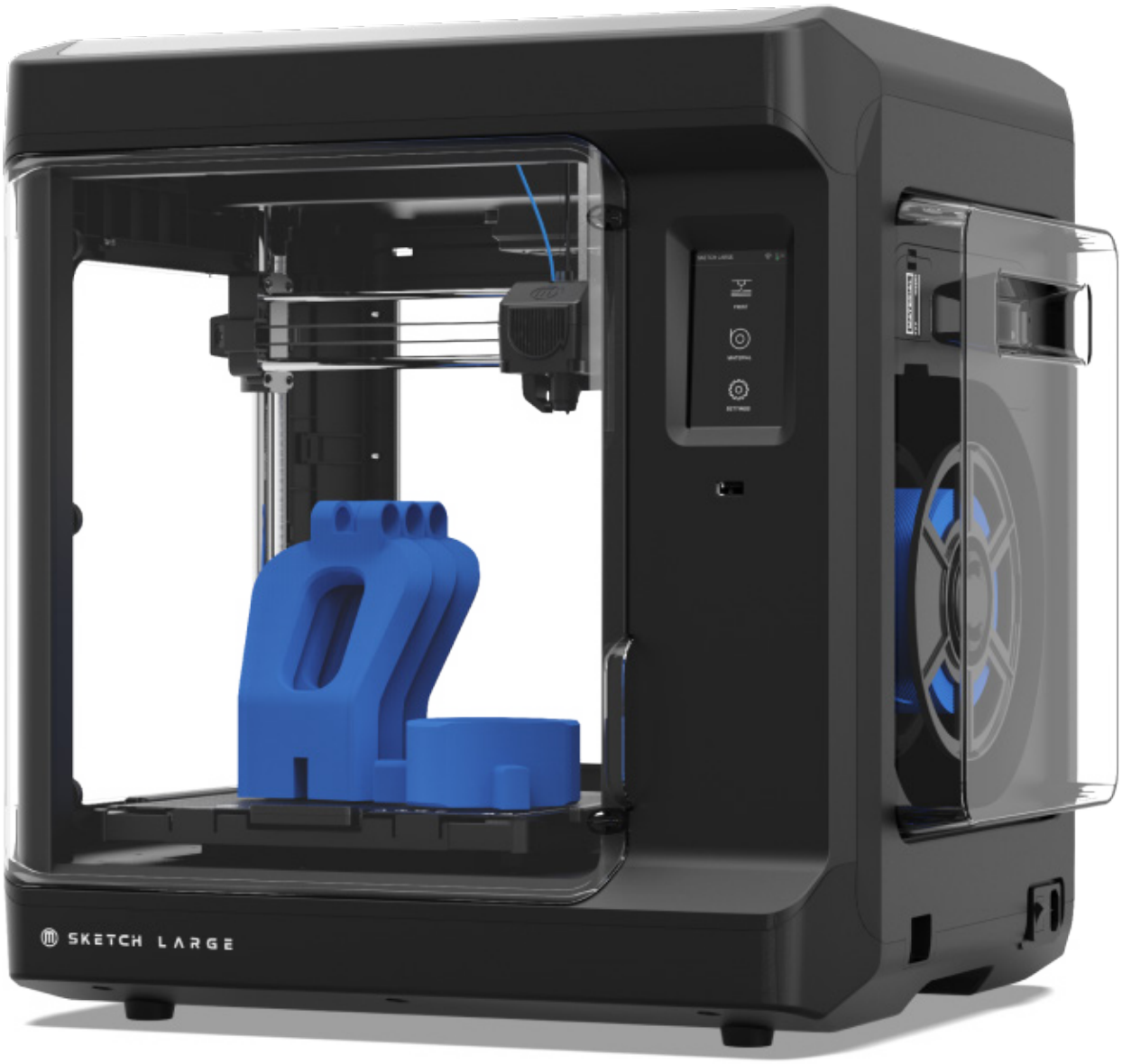
Farklı yaş ve büyüklükteki fosillerin rekonstrüksiyonu

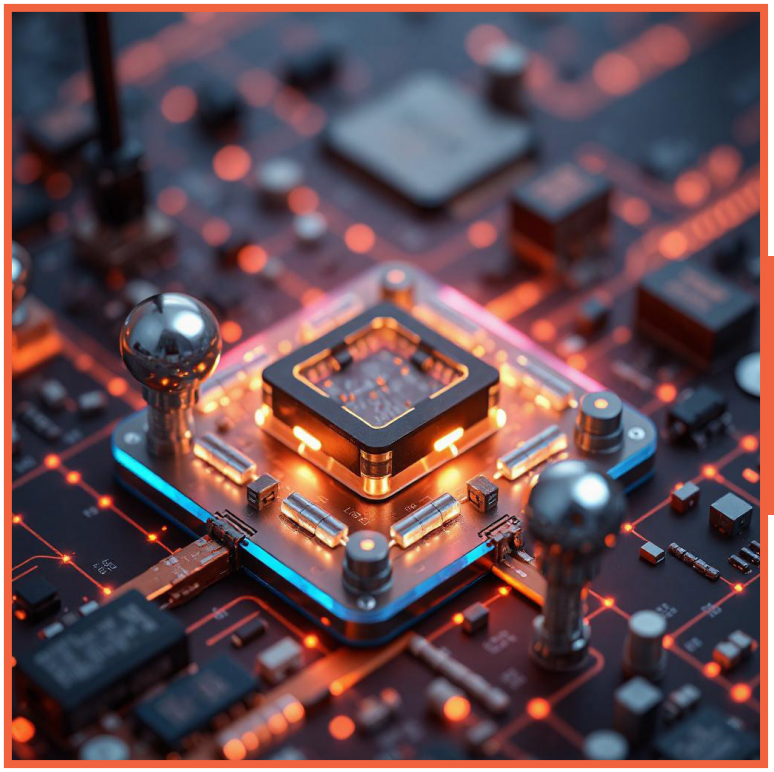
Adli patolojide kanıtların yeniden yapılandırılması

Farklı ölçeklerde mimari modeller ve replikalar

Kaynaklar

1. Klap.ir
2. borna3d.com





Optical quantum logic gates based on photonic qubits

Ali Bolhassani /PhD Student /Computer engineering
Department of Computer, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

Abstract

Quantum optical logic gates are key components of an optical quantum computer. Quantum computing deals with qubits, or quantum bits, which are considered the quantum analog of classical bits and can be used to store quantum information. Quantum mechanics is one of the basic principles in the design of photonic quantum computers that use photons as qubits and have a large parallelization capacity. The security and fidelity factor is one of the important indicators of these systems, and the quality of photons, noise and accuracy of optical elements can be mentioned among the factors affecting it. Various types of encoding processes, such as phase encoding, frequency encoding, polarization encoding, resonance encoding, combinational encoding, etc., are used to develop qubits.

Index Terms: Quantum Information, Reversible Computing, Optical Gates, Photonic Qubits.

1.Introduction

Optics is now considered a powerful and promising candidate in quantum computing, entanglement, communication and data processing due to its intrinsic nature of creating quantum states. Quantum optical logic systems are very useful in fast processing, data encryption, secure and noise-free communication. The CNOT gate is used to perform information processing tasks in quantum optical logic systems. It is a two-qubit reversible quantum logic gate, where the first qubit is designated as the control qubit and the second qubit is introduced as the target qubit. In three-state logic, information is represented by three distinct states: 0, 1, and 1. Quantum computing inspired photonic integrated circuit (PIC) technology to expand its application in quantum information technology (QIT). Photons are attractive in QIT because they do not interact with the medium and can be transmitted through fiber optic networks. Many attempts have been made using photons to demonstrate quantum logic operations and quantum repeaters essential for quantum computing and networks.

2.Optical Quantum Gate, Single and Multiple Photon

An all-optical quantum system offers very fast and secure communication and data processing due to its large storage capacity, low loss, very fast response time, parallel nature, and quantized data management. In computing, encrypted data is a very powerful tool to protect privacy. Encryption and decryption schemes are experimentally developed using single-photon and linear optics on a set of gates for arbitrary quantum computing. Quantum logic extends the applicability of the quantum world by using superposition and entanglement. Properties of light such as phase, state polarization, intensity, frequency, etc. are used to encode different states of quantum logic. All-optical quantum logic gates are based on single-qubit, double-qubit, or multi-qubit, which are the building blocks of quantum computers. Single qubit gates such as Pauli gates X, Y, Z, Hadamard gate, phase shift gate, square root Not gate (SRN), square root Z gate (SRZ) etc. operate in two quantum states. An all-optical design of the integrated Pauli X,Y,Z gate is developed as an optical switch using electro-optical Pockels materials. The all-optical Pauli Y gate is developed using integrated resonance and phase encoding technique. All-optical Hadamard-Pauli quantum gate, SRN gate, phase shift gate, SRZ gates, square root control Z (SRCZ) gates are developed using phase, intensity and polarization state of light. Multi-control Toffoli gate, linear optical Toffoli gates, nanomechanical Friedkin gate, quantum controlled all-optical NOT gate, nonlinear integrated quantum electro-optical circuits have been created in this process. Single-qubit quantum gates have been created using the magneto-optical effect. Ultrafast all-optical NOT gate is implemented using quantum dot semiconductor optical amplifier and XNOR optical gate using semiconductor laser. So far, the quantum Friedkin gate has only been demonstrated with pre-entangled input modes in free-space optics, which limits its use to independent input photons. But by using three-qubit Fredkin and Toffoli gates on a programmable quantum photonic chip, this problem can be limited. Quantum computing enables exponential speedup of computations and solves many NP-hard problems that cannot be efficiently solved by classical computing. Recently, attention has been paid to realizing large-scale global quantum computing with superconducting qubits, linear optics, atoms, and NMR7 qubits. Quantum logic gates, which act as key components of quantum circuits, are essential for quantum computing. However, the efficient realization of more qubit quantum logic gates remains a significant challenge due to the difficulty of chaining different gates together in a single circuit, for example, a three-qubit Toffoli gate requires six CNOT gates, while that Fredkin Gate needs one more gate. The difficult decomposition of some innovative methods of realizing three-qubit Toffoli and Fredkin gates have been demonstrated experimentally with large-scale bulk optical systems. By extending the qubit space to a higher-dimensional Hilbert space, it is shown that a quantum Fredkin gate operating on photons cannot experimentally function as a standalone gate with pre-entangled input states. The inherent limited programmability, lower scalability and instability of bulk optical gates limit their widespread deployment. Today, the growing development of integrated photonic circuits has shown itself as a paradigm for large-scale quantum computing due to the precise planning of large-scale circuits. Therefore, compared to qubits, photons have important applications due to their unique advantages in the exchange of quantum information over long distances. Therefore, the photon is a natural candidate for building a large-scale modular optical quantum computer that operates at room temperature. However, two-photon quantum logic gates with their probabilistic nature lead to a large resource overhead for fault-tolerant quantum computing. While in principle the probability problem can be solved using multiplexing and error correction, the reliability of the linear-optical quantum logic gate is limited by defects in single photons. A probabilistic two-photon quantum logic gate to achieve scalable optical linear quantum computing can be realized using the Knill-Laflamme-Milburn (KLM) scheme, albeit with significant overhead. Considering that implementing a definitive two-photon entanglement operation is still challenging in linear optics, a large entangled cluster mode can be created by ballistically merging a set of small clusters, e.g., three-photon clusters. Then, the consumption of cluster mode computing resources is dominated by the preparation of those small clusters. Figure 1 shows a schematic diagram for generating entangled qubit pairs in the path and measuring the operation of the CNOT gate.

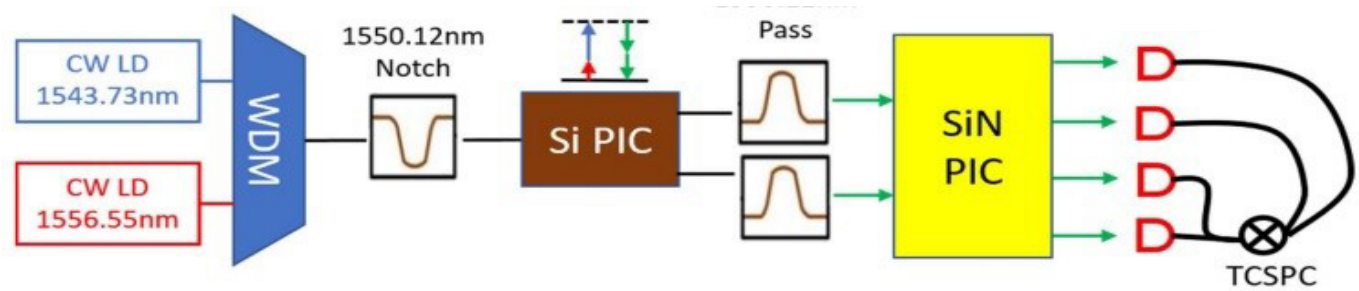


Fig 1. Schematic of qubit pair generation circuit for CNOT operation

3.Hadamard Optical Gates using Photonic Crystal

Implemented two-mode and three-mode Hadamard single-qubit quantum gate based on photonic crystal using optical phase encoding technique. The optical phase difference is created using electro-optical modulators of suitable bias voltage. Similarly, with two-dimensional photonic band gap crystal-based design, this approach can be realized in smaller dimensions. In this regard, cylindrical rods with desired refractive index are placed on a bed of air to design the circuit. The system performance can be simulated by Finite Difference Time Domain (FDTD) method. The desired phase values are obtained by changing the length of the optical path in the channels. The maximum system response time is a few picoseconds, which is very useful in fast quantum computing and data processing. In quantum computing, gates are reversible and qubits contain specific quantum information that is processed through quantum logic circuits. Different encodings of optical properties of photons can be used to design different quantum gates. Integrated systems of Hadamard gates and Pauli X, Y, Z gates can be implemented using polarization coded qubits. Implementation of two- or three-qubit-based quantum Pauli gate Y can be done using phase and polarization encoding methods. It is also possible to design an all-optical system of X, Y, Z Pauli gates. Electro-optic modulators and polarization and phase coding approaches can be used to realize the root process in some quantum gates. The principle of parallel phase modulation and multi-pass techniques are used simultaneously to significantly increase the sideband power using semiconductor optical amplifiers, Toffoli and Fredkin gates are frequency coded. In this regard, the CNOT gate can be developed using the principle of encoding the frequency of photons. All these mentioned all-optical logic gates and circuits can be designed on bandgap photonic crystals. A CNOT gate with a single-loop photon is shown in Figure 2. This work increases the speed and capacity of data processing due to the smaller size of optical systems. The implementation of quantum gates based on photonic crystal using the interference effect can be realized and developed using various other methods, including the design of the Toffoli gate based on photonic crystal using ring resonators and also the implementation of the gate Fredkin pointed out by creating nonlinear cavity resonators on the photonic band crystal. Therefore, optical information can be encoded by different optical-properties of optical signals. In the phase coding method, light with different phases is considered as different states. Similarly, it can be used in frequency encoding, polarization encoding, etc. To process a large number of signals at the same time, the optical system must be able to operate with a higher number of modes. This important can help to transfer several information at the same-time. For example, we can refer to multi-level, multi-valued systems that, like three-state gates, can process three states at the same time, which offers a higher degree of parallelism than a two-state system. The frequency coded inversion operation is also applicable to the three-mode logic system, where the three modes are optical signals with three different frequencies. As an example, quantum Pauli gates and oscillators can be encoded using triple logic with three optical signals in different phases with the help of electro-optical modulators. In this regard, the three-mode Hadamard gate can be implemented on a two-dimensional photonic bandgap crystal. In this method, the dimensions of the wafer, the grid parameter and the radius of the rods in micrometers are important indicators in the design. The performance of this gate has been realized by the Finite Difference Time Domain (FDTD) method. Therefore, all-optical Tristate Hadamard gates can be implemented using the optical phase encoding technique. In optical coding, other parameters such as frequency can be adopted to design a logic in different ways. Signals with different wavelengths can be operated on a photonic crystal based layout with refractive index, grating parameter and radius of rods in different modes.

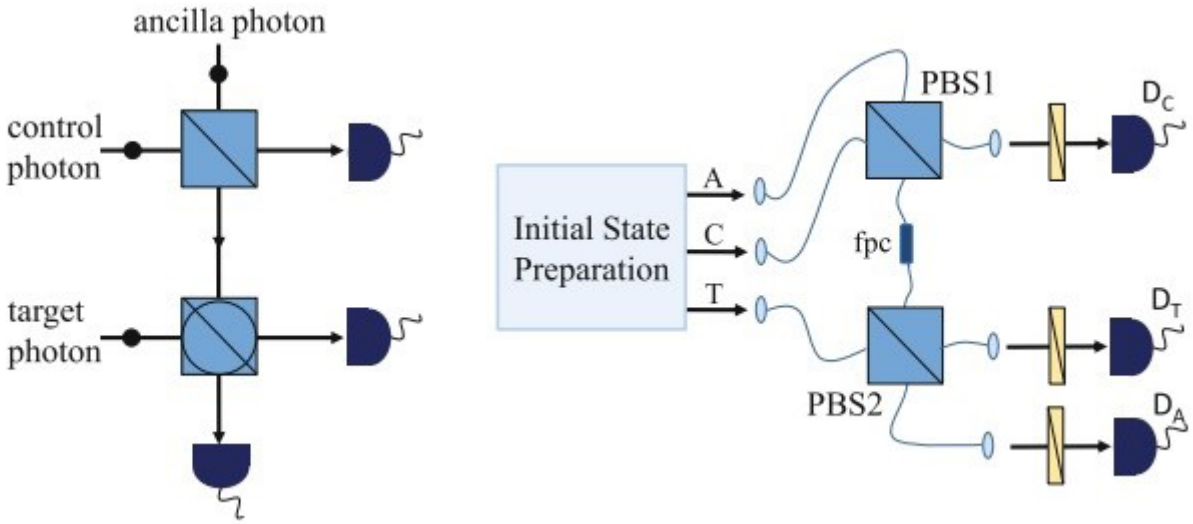


Fig 2. Single-ring photon CNOT gate

4.Multi-qubit Photonic Gates

Integrated photonic quantum chips have become a better platform for quantum information processing due to their scalability, stability, and miniaturization compared to bulk optics. Femtosecond laser direct writing (FLDW) is one of the most promising techniques for fabricating quantum photonic chips, especially because of its true 3D direct writing capability, which can optimize circuit design with arbitrary 3D layouts to reduce the no. With the FLDW technique, polarization-encoded single-qubit Hadamard (H) gates and two-qubit controlled NOT (CNOT) gates have all been realized, but Hoose's combined photonic quantum logic gates are at the beginning. A CNOT gate with entangled photon pairs is shown in Figure 3. Using the FLDW technique, two-qubit photonic quantum gates and a combination of an H gate and a CNOT gate are coded to create Bell states. In addition, more quantum logic gates can be combined. For example, the three-qubit Toffoli gate or CCNOT (Controlled-Controlled NOT) and the four-qubit Controlled-Controlled-Controlled NOT (CCCNOT) gate can be optimized with three-dimensional quantum circuits. The CNOT gate is one of the most important two-qubit gates and is also a kind of quantum entanglement gate. The good performance of this chip depends on two interferences: one is the classical Mach-Zehnder (MZ) interference and the other is the Hong-Ou-Mandel (HOM) quantum interference. When a photon from Cq and another photon from Tq mix simultaneously in the central DC with reflection R = 1/3, they undergo a partial bunching effect and receive a phase shift due to the HOM interference of undetectable photons. In another mode, the output state of the MZ interferometer can be changed according to the target qubit flip state. When the control qubit Cq is in superposition of |0> and |1> by the H gate, the chip generates all four path-coded bell states with the CNOT gate interleaving function. For the double control phase gate (CCZ) by chaining two control phase gates (CZ) and using the target qutrit, a three-qubit Toffoli coded path can be created by combination. One CCZ gate and two H gates are implemented using an optimized three-dimensional configuration with a pass-through waveguide to reduce circuit complexity with three-dimensional FLDW capability. Using the Beamlike-II four-photon quantum source, the quantum characteristics of the Toffoli gate should be defined by Restored the health table. The CCCNOT gate is realized by combining one CCZ gate, one CZ gate and two H gates. The Graphic-Q software platform and open source framework for generating compact entangled photonic graph states and simulating against entangled gates in linear ethics is presented, and its library is also realized for Python.

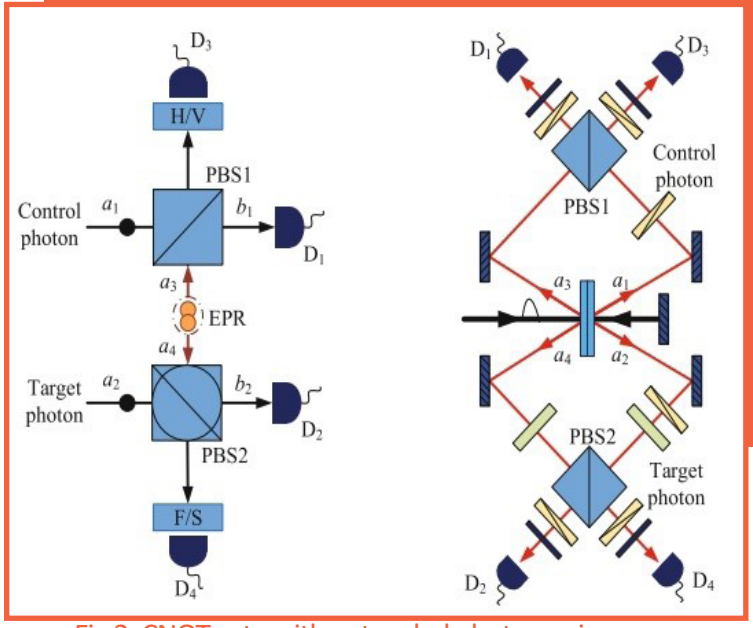


Fig 3. CNOT gate with entangled photon pairs

References

1. Kok, P., Munro, W.J., Nemoto, K., Ralph, T.C., Dowling, J.P., Milburn, G.J.: Linear optical quantum computing with photonic qubits. Rev. Mod. Phys. 79(1), 135–174 (2007)
2. Wang, H. et al. Towards optimal single-photon sources from polarized microcavities. Nat. Photonics. 13, 770–775 (2019).
3. J. Wang, F. Sciarrino, A. Laing, M. G. Thompson, "Integrated photonic quantum technologies," Nat. Photonics, vol. 14, pp. 273–284 (2020).
4. P. De, S. Ranwa, S. Mukhopadhyay, Implementation of all-optical Toffoli gate by 2D Si–air photonic crystal. IET Optoelectron. 15, 139–148 (2021)
5. D.G.S. Rao, S. Swarnakar, S. Kumar, Design of all-optical reversible logic gates using photonic crystal waveguides for optical computing and photonic integrated circuits. Appl. Opt. 59, 11003–11012 (2020).

Chalesh

University of Tabriz Photonics Journal

No.19,Autuman 2024

1947
University of Tabriz

انجمن علمی دانشجویی فوتونیک
دانشگاه تبریز
۱۳۹۶

