

۲۰۸۱۵۵۵

نعمت الله گلستانیان

دانشنامه‌ی موضوعی

دانش و فناوری

(دایرةالمعارف ۹ جلدی)

جلد ۷

نیرو و حرکت

سرشناسه: گلستانیان، نعمت‌الله، ۱۳۱۳
عنوان و نام پدیدآور: نیرو و حرکت / نویسنده نعمت‌الله گلستانیان
مشخصات نشر: تهران: میچکا، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری: ۷۶ ص، مصور (رنگی)
فروست: دانشنامه موضوعی دانش و فناوری: ۷
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۵۲-۱۰۲-۸
موضوع: دایره‌المعارف و واژه‌نامه‌های کودکان و نوجوان
رده بندی کنگره: QC۷۳/۴
رده بندی دیویی: [ج]۵۳۱/۶
شماره کتابشناسی ملی: ۵۹۵۷۴۲۴

انتشارات میچکا

آدرس: تهران، میدان انقلاب، خیابان فخر رازی،
خیابان شهید ویدناری، بن‌بست فرزانه، پلاک ۱۰، طبقه ۴
www.michka.com

نیرو و حرکت

نویسنده: نعمت‌الله گلستانیان
چاپ اول: ۱۳۹۸
شمارگان: ۵۰۰ نسخه
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۵۲-۱۰۲-۸
قیمت: ۲۲۰۰۰ تومان



به نام خدا

فهرست

عنوان	صفحه	عنوان	صفحه
پیشگفتار	(شش)	تبدیل انرژی	۶-۲
سراغاز	۱	انرژی مکانیکی	۷-۲
۱ نیروها و حرکت	۳	۳ کار و انرژی	۲۲
۱-۱ مفهوم نیرو	۳	۱-۳ ارتباط کار با انرژی	۲۲
۲-۱ انواع نیروها	۴	۲-۳ قانون‌های ترمودینامیک	۲۲
۳-۱ قانون‌های نیرو	۴	۳-۳ تلف شدن گرما در ماشین‌ها	۲۳
۴-۱ نیروهای بنیادی طبیعت	۵	۴-۳ یگانه‌های کار و انرژی	۲۴
۵-۱ کمیت‌های فیزیکی	۵	۵-۳ انجام دادن کار با استفاده از سوخت دیزل	۲۴
۶-۱ حرکت	۷	۶-۳ نیرو و کار	۲۴
۷-۱ سرعت	۸	۷-۳ کار انجام شده توسط نیروی وزن اجسام	۲۵
۸-۱ شتاب	۹	۸-۱ توان	۲۷
۹-۱ نیرو و شتاب	۱۰	۴ تکانه‌ی خطی	۲۹
۱۰-۱ اندازه‌گیری نیرو	۱۱	۱-۴ مفهوم تکانه‌ی خطی	۲۹
۱۱-۱ زوج نیروها و نیروهای کنش - واکنش	۱۲	۲-۴ قانون اول نیوتون	۳۰
۱۲-۱ ترکیب نیروها	۱۳	۳-۴ سرعت و تسلی	۳۰
۱۳-۱ خواص نیروها	۱۴	۴-۴ قانون دوم نیوتون	۳۰
۲ انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی	۱۶	۵-۴ رابطه‌ی نیرو با تکانه‌ی خطی	۳۱
۱-۲ مقدمه	۱۶	۶-۴ تکانه‌ی خطی و ضربه	۳۲
۲-۲ انرژی پتانسیل	۱۶	۷-۴ لحظه‌ی و تکانه‌ی خطی	۳۲
۳-۲ انرژی پتانسیل گرانشی	۱۶	۸-۴ قانون سوم نیوتون	۳۳
۴-۲ انرژی پتانسیل کشسانی	۱۸	۹-۴ یادآوری نمونه‌هایی از کاربرد قانون سوم نیوتون	۳۴
۵-۲ انرژی جنبشی	۱۹	۱۰-۴ سه قانون نیوتون درباره‌ی حرکت سفینه‌ی فضایی	۳۵
		۱۱-۴ قانون پایستگی تکانه‌ی خطی	۳۵

عنوان	صفحه	عنوان	صفحه
۵ گرانش و نسبیت	۳۷	۵-۸ لغزش و غلتش در حرکت دادن بار	۶۶
۱-۵ نیروی گرانشی	۳۷	۶-۸ یاتاق‌ها	۶۷
۲-۵ جرم و وزن اجسام	۳۸	۷-۸ کاهش دادن اصطکاک با مواد روان‌ساز	۶۷
۳-۵ میدان گرانشی	۴۰	۸-۸ افزایش دادن اصطکاک برای کند کردن حرکت	۶۷
۴-۵ شتاب گرانشی در درون زمین	۴۱		
۵-۵ سقوط آزاد اجسام	۴۲	۹ شارها و فشار شارها	۶۹
۶-۵ مقاومت هوا	۴۲	۱-۹ شارها	۶۹
۷-۵ بی‌وزنی	۴۴	۲-۹ شارش گازها	۶۹
۸-۵ وزن حقیقی و وزن ظاهری یک جسم	۴۵	۳-۹ شارش مایعات	۷۰
۹-۵ اینشتین و نظریه نسبیت	۴۵	۴-۹ شارش جامدات	۷۰
		۵-۹ فشار	۷۱
۶ ماشین‌های ساده	۴۷	۶-۹ فشار شارها	۷۱
۱-۶ ماشین‌های مکانیکی	۴۷	۷-۹ محاسبه‌ی فشار شارها	۷۲
۲-۶ مزیت مکانیکی	۴۷	۸-۹ اندازه‌گیری فشار	۷۳
۳-۶ بازده ماشین‌های مکانیکی	۴۸	۹-۹ اصل پاسکال	۷۴
۴-۶ انواع ماشین‌های ساده	۴۹	۱۰-۹ اصل ارشمیدس	۷۵
۵-۶ ماشین‌های ساده‌ی نوع اهرم	۴۹	۱۱-۹ شارهای جاری	۷۷
۶-۶ ماشین‌های ساده‌ی نوع سطح شیب‌دار	۵۰	۱۲-۹ معادله‌ی پیوستگی	۷۷
		۱۳-۹ معادله‌ی برنولی	۷۸
۷ چرخ‌ها، محورها و چرخ‌دنده‌ها	۵۷		
۱-۷ پیشینه‌ی کاربرد چرخ‌ها	۵۷	۱۰ صوت	۸۰
۲-۷ گسترش فناوری ساخت چرخ	۵۷	۱-۱۰ ماشین‌ها و تولید صوت	۸۰
۳-۷ چرخ‌ها و اهرم‌های گردان	۵۸	۲-۱۰ اندازه‌ی صوت	۸۱
۴-۷ چرخ‌دنده‌ها	۵۹	۳-۱۰ سرعت انتشار صوت	۸۱
۵-۷ سرعت چرخش در چرخ‌دنده‌ها	۶۰	۴-۱۰ بازتاب و شکست صوت	۸۲
۶-۷ چرخ‌دنده‌ها و زنجیرها	۶۰	۵-۱۰ پژواک و موارد کاربرد آن	۸۲
۷-۷ ماشین‌های انتقال گشتاور نیرو	۶۱	۶-۱۰ موج‌های فروصوتی و فراصوتی	۸۴
		۷-۱۰ آشکارسازی صوت توسط جانوران	۸۵
۸ اصطکاک	۶۳	۸-۱۰ مشخصات صوت	۸۵
۱-۸ آشنایی با اصطکاک	۶۳	۹-۱۰ تشدید	۸۶
۲-۸ انواع اصطکاک	۶۴	۱۰-۱۰ زلزله	۸۹
۳-۸ ضریب‌های اصطکاک	۶۵	۱۱-۱۰ اثر دوپلر	۹۰
۴-۸ روشن کردن آتش با استفاده از خاصیت اصطکاک	۶۶		

۱۱

ترازندی و نیروهای چرخش دهنده

۹۲

۱-۱۱ ترازندی یک دستگاه ۹۲

۲-۱۱ گشتاور نیرو ۹۲

۳-۱۱ ترازندی و گشتاور ۹۵

۴-۱۱ جفت نیرو ۹۶

۵-۱۱ مرکز جرم و گرانشگاه ۹۷

۶-۱۱ تعادل جسم ۹۸

۷-۱۱ تعادل های پایدار، ناپایدار و بی تفاوت ۹۹

۸-۱۱ بررسی شرایط تعادل پایدار در اجسام ۱۰۲

۱۲

اجسام شناور و فرو

۱۰۵

۱-۱۲ نیروی شناوری ۱۰۵

۲-۱۲ شناوری اجسام ۱۰۵

۳-۱۲ دلیل ایجاد نیروی شناوری ۱۰۶

۴-۱۲ چگالی و شناوری جسم ۱۰۶

۵-۱۲ بررسی تعادل جسم شناور ۱۰۷

۶-۱۲ چگالی سطح مایعات ۱۰۷

۷-۱۲ فروروی جسم در آب ۱۰۸

۱۳

اصول پرواز

۱۱۰

۱-۱۳ پرواز موحودات ۱۱۰

۲-۱۳ نیروی برآز ۱۱۰

۳-۱۳ نیروی رانش و منح های هواپیما ۱۱۱

۴-۱۳ نیروی رانش و جث ها ۱۱۱

۵-۱۳ نیروی پساز ۱۱۲

۱۴

پرواز زیر صوتی

۱۱۵

۱-۱۴ هواپیماها در سرعت های بالا ۱۱۵

۲-۱۴ موج شوک و دیوار صوتی ۱۱۶

۳-۱۴ هواپیماهای زیر صوتی و فوق صوتی ۱۱۷

۴-۱۴ بال های زیر صوتی و حرکت پدیر ۱۱۷

۵-۱۴ هواپیماهای رگور دشنک ۱۱۸

۶-۱۴ آینده ی صنعت هواپیماسازی ۱۱۸

پیوست ها

۱۲۱

پیوست الف اطلاعات تکمیلی ۱۲۱

پیوست ب عددها و یکاهای اندازه گیری ۱۲۴

پیوست ب شکل های هندسی ۱۲۷

پیوست ت دانشمندان نام ور ۱۲۹

پیوست ث اختراعات و اکتشاف ها ۱۳۴

پیوست ج فرهنگ نامه ۱۴۰

نمایه ام ها

۱۴۸

واژه نامه ی الفبایی - فارسی ۱۵۲

کتاب شناسی ۱۵۸

نمایه ۱۵۹

پیشگفتار

با علم اگر عمل نکنی شاخ بی‌بری
چشم از برای آن بود آخر که بنگری
(شیخ اجل، سعدی)

بار درخت علم نباشد مگر عمل
هر علم را که کار نبندی چه فایده

درب‌گیرنده‌ی وضعیت‌ها و شرایطی است که با تکرار شدن می‌توانند در معرض بازیابی و آزمون قرار گیرند. واضح است که همیشه چنین شرایطی وجود ندارد. مثلاً، در علوم مشاهده‌ای، نظیر اخترشناسی و زمین‌شناسی، دسترسی به تکرار شدن یک وضعیت دلخواه اساساً محال است و دقت ممکن به دقت مشاهده و توصیف محدود می‌شود.

یکی از روش‌های کلی در رده‌بندی علوم این است که آن‌ها را به صورت علوم دقیق، مانند علم فیزیک، یا علوم توصیفی، مانند رده‌بندی گیاهان، یا جانورشناسی، تقسیم کنیم. ستاوردهای علوم دقیق، معمولاً، با امکان اندازه‌گیری دقیق مشخص می‌شوند. اما در علوم توصیفی، مهم‌ترین کار بسط دادن روش‌های توصیف با رده‌بندی است که در آن ارجاع دادن و مقایسه کردن موضوع و الگوی مورد نظر امکان‌پذیر باشد.

ب. فناوری

فناوری عبارت است از به‌کارگیری کاربردی و توصیفی علم، که ارزش و اهمیت مهندسی و صنعتی را در زندگی فردی، جامعه و محیط زیست، داشته باشد. با این تعریف، فناوری با علم و مهندسی رابطه‌ای نزدیک دارد. علم با درک انسان از جهان واقعی پیرامون، از جمله ویژگی‌های ذاتی فضا، ماده و انرژی و برهم‌کنش آن‌ها، ارتباط دارد و مهندسی به جنبه‌های کاربردی شناخت عینی انسان در آفرینش طرح‌ها، نقشه‌ها و وسایل رسیدن به هدف‌های دلخواه و مورد نیاز در تسهیل زندگی انسان‌ها، مربوط است.

دامنه‌ی پیشرفت دانش و فناوری چنان گسترده است، که در جهان امروز هیچ جامعه، یا حتی هیچ خانواده‌ای، یافت نمی‌شود که از مزایای آن‌ها بی‌بهره باشد. به جرأت می‌توان گفت که دانش و فناوری بر همه‌ی شئون زندگی انسان‌ها سایه‌ای رو به فزونی افکنده است.

تکامل سفرهای فضایی از بزرگ‌ترین پیروزی‌های بشر در فناوری نوین است. در این عمل پیشگامانه، ماه‌های گوناگونی از دانش و فناوری، از طرح‌های آبرودینامیکی راکت‌ها، مواد گرفته تا سیستم‌های عجیب و پیچیده سهیم بوده‌اند. در حالی که این زمینه‌ها قانون‌های علوم پایه، از جمله قانون‌های بیادی فیزیک، مورد استفاده واقع شده‌اند.

۱. تعریف دانش و فناوری

در این پیشگفتار بی‌مناسبت نیست اگر به اختصار به معرفی علم یا دانش و نیز فناوری، پرداخته شود.

الف. علم

علم عبارت است از شناخت روشمند جهان فیزیکی یا مادی که از راه مشاهده و آزمایش حاصل می‌شود. فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، روان‌شناسی، اقتصاد، و نظیر آن‌ها، شاخه‌هایی از علم را تشکیل می‌دهند.

واژه‌ی علم، معمولاً، درباره‌ی شیوه‌ها یا فعالیت‌های عقلانی، که دارای جنبه‌های معین و مشترکی هستند، به کار می‌رود. علم با ارائه‌ی تبیین‌های دقیقی که مستعد بازیابی‌اند، مشخص می‌شود. این موضوع برای یک علم مورد نظر، اغلب،

با بیانی اختصاری، فناوری با ابزار و روش‌های اجرایی برنامه‌هایی سر و کار دارد، که انسان برای بهبود و ارتقای سطح زندگی خود ترتیب می‌دهد. با توجه به تعریف‌های علم و فناوری، می‌توان گفت که، به طور مثال، فیزیک علمی دقیق و مبتنی بر تجربه است و فناوری نمودی از کاربری قانون‌های فیزیکی است.

۲. رابطه‌ی علم و فناوری

امروزه دریافته‌ایم که علوم پایه، از جمله فیزیک، اساس صنایع و فناوری را تشکیل می‌دهند. هیچ نوآوری و ابداع و اختراعی نمی‌تواند حداکثر فایده را برساند مگر آنکه به وسیله‌ی علم بارور شود و هیچ فردی نمی‌تواند دستگاهی را طراحی کند بدون آنکه از پیش اصول بنیادی آن را بفهمد. برای طراحی یک ماهواره، یا حتی یک تله‌موش هم لازم است قانون‌های بنیادی علمی مورد نظر واقع شوند.

اما، اینکه انسان از بدو آفرینش همواره نعمت‌های علمی را فراموش کرده و آنگاه به گسترش فناوری پرداخته است، شاید چندان درست نباشد. با توجه به گذشته‌های دور می‌بینیم که مرده به خاطر احساس نیاز و بدون آگاهی از هیچ مانع علمی‌ای با استفاده از سنگ تبر و کارد ساخته‌اند، با مالش دادن دو تکه چوب به هم آتش افروخته‌اند، و برای محفوظ ماندن از سرما و تابش آفتاب از پوست جانوران به عنوان لباس استفاده کرده‌اند. از اینجاست که به پیشی داشتن تولید فناوری نسبت به تدوین و فرمول‌بندی مبانی علمی در تاریخ زندگی انسان پی می‌بریم.

با گذشت زمان و گسترش دامنه‌ی علم انسان به جایی رسید که به موازات پیشرفت علم نتوانست به رشد فناوری و تکامل وسایل و ابزار مبتنی بر مبانی علمی دست پیدا کند. به عنوان مثال، اگر به تاریخ علم در سده‌ی هفدهم میلادی نگاهی بیندازیم، دانشمندان صاحب نامی چون گالیلئو گالیله^۱، آیزاک نیوتون^۲، رنه دکارت^۳، پی‌یر فرما^۴، و دیگران، را می‌بینیم که از بنیان‌گذاران مبانی ریاضیات و فیزیک کلاسیک بوده‌اند، اما، در

کمال ناسف، در طول چندین دهه از سده‌ی هفدهم تنها به شش مورد از اختراع وسایل فیزیکی مهم برمی‌خوریم، که عبارت بودند از: جوسنج، پمپ هوا، ساعت آونگی، تلسکوپ، میکروسکوپ و دماسنج.

گفته می‌شود که در سده‌ی بیستم علم در تمام زمینه‌ها گسترش بسیار یافته و قلمرو آن وسیع‌تر شده است. این گفته تا حدی درست است و، به ویژه، در دهه‌های نخست سده‌ی بیستم پیشرفت در زمینه‌ی فیزیک نوین با ارائه‌ی نظریه‌ی نسبیت توسط آلبرت اینشتین^۱ و نظریه‌ی کوانتومی توسط ورنر هایزنبرگ^۲، اروین شرودینگر^۳ و دیگران، بسیار شگفت‌آور بوده است. اما بدیهی است که هم‌زمان و هم‌پای با ارائه‌ی مبانی علمی از جمله در قلمرو فیزیک کلاسیک، و نیز فیزیک نوین، به دلیل کافی نبودن امکانات تولید و ساخت، مظاهر فناوری نتوانستند فرصت ابداع پیدا کنند.

بنابراین، آنچه امروز به عنوان پیشرفت علم، دست کم در قلمرو فیزیک، از آن نام برده می‌شود، در واقع، بیشتر مربوط به گسترش مظاهر فناوری و حیطه‌های تجربی مبتنی بر اصول و پدیده‌های علمی است. به بیان دیگر، در جامعه‌ی امروز فناوری و دستاوردهای آن از مبانی علمی سریع‌تر پیشرفت می‌کند و به‌واسطه‌ی پیشرفت بیشتر به گسترش فناوری مربوط می‌شوند تا به گسترش مبانی علمی.

به عنوان مثال، پدیده‌های شکست و بازتاب نور، قرن‌ها پیش مورد مطالعه قرار گرفته و پژوهشگران بسیاری از جمله حسن بن هشیم^۱، گالیلئو گالیله^۲، نیوتون^۳، دکارت^۴، ویلیبرورت اسنل^۵ و دیگران، در این زمینه کار کرده‌اند. اما استفاده‌ی عملی از این پدیده‌ها در سطح پیشرفته، در همین چند دهه‌ی اخیر با ساخت عدسی‌های همگرا و واگرای با تغییر تدریجی ضریب شکست و کاربرد این عدسی‌ها در عینک‌سازی، یا ساخت تارهای نوری^۶ برای کاربردهای مخابراتی و پزشکی، صورت گرفته است.

1. Albert Einstein
2. Werner Heisenberg
3. Erwin Schrödinger
4. Willebrord Snell
5. optical fibers

1. Galileo Galilei
2. Isaac Newton
3. René Descartes
4. Pierre Fermat

از سوی دیگر، در زمینه فناوری بر پایه‌ی نظریه‌ی کوانتومی وسایل و روش‌هایی مانند تصویربرداری تشدید مغناطیسی^۱ (MRI) و وسیله‌ی ابررسانای تداخل کوانتومی^۲ (SQUID) را می‌توان نام برد، که در تشخیص‌های پزشکی کاربردهای زیادی دارند.

۳. فناوری‌های پیشرفته

بسیاری از ما با مظاهر فناوری‌های نوین در زمینه‌های کوناگون، از جمله در ساخت رایانه‌ها، مخابرات، کنترل، ابزارهای تشخیص پزشکی، و نظیر آن‌ها، آشنا هستیم. اگر توجه کنیم می‌بینیم که تولیدکنندگان فناوری همواره می‌کوشند به ابداع روش‌ها و وسایلی دست بزنند که تا حد امکان جمع و جورتر و در تسهیل زندگی داری کارایی بیشتر باشند.

برای تحقق یافتن این هدف‌ها در قلمرو فناوری روش‌ها و سیستم‌های کوناگونی وجود دارند، که از جمع‌آوری آن‌ها می‌توان فناوری اطلاعات^۳، فناوری نانو^۴ و زیست فناوری^۵ نام برد.

الف. فناوری اطلاعات

فناوری اطلاعات، که معمولاً کاربرد گسترده‌ای از فناوری‌ها را دربرمی‌گیرد، برای انتقال اطلاعات (به صورت اخبار، داده‌ها، متن‌ها، نقشه‌ها، ثبت آثار صوتی و تصویری، و نظیر آن‌ها) به ویژه در رایانه‌ها، الکترونیک رقیمی و مخابرات، مورد استفاده واقع می‌شود.

رشد عظیم علمی و تجاری فناوری اطلاعات در اثر دستیابی به ساخت مدارهای با یکپارچگی بسیار بزرگ - مقیاس^۶ (VLSI)، ماهواره‌ها و روش مخابرات نوری، مرمیون گسترش فناوریانه در عرض دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ بوده است. مهندسی اطلاعات، از جمله‌ی حوزه‌های وابسته به این فناوری است که به تحلیل و طراحی سیستم‌های نوین مبتنی بر رایانه به همراه توسعه‌ی نرم‌افزارهای مربوط، می‌پردازد.

1. Magnetic Resonance Imaging (MRI)
2. Superconducting Quantum Interference Device (SQUID)
3. Information Technolog (IT)
4. Nanotechnology
5. Biotechnology
6. Very Large Scale Integration (VLSI)

ب. فناوری نانو

فناوری نانو شامل سیستم‌هایی برای انتقال ماده، انرژی و اطلاعات است، که توسط ساختارهایی با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر (10^{-9} m) انجام می‌شود. این اصطلاح، که با وسعت بیشتر در مورد ارائه‌ی روش‌های تولید یا اندازه‌گیری با این ابعاد نیز کاربرد دارد، در سال ۱۹۷۴ توسط نوموتانیگوشی^۱ ژاپنی در ارتباط با روش‌های ماشینی مکانیکی، از جمله روبات‌ها، به کار رفت.

در فناوری نانو از بالا به پایین، روش‌های ساخت و تولید بر اندازه‌های کوچک متمرکزند. از جمله در تکنیک‌هایی مانند فوتولیتوگرافی مورد استفاده در ساختن ترانزیستورهای مدارهای یکپارچه^۲ (IC)، تلاش بر این است که ترشه‌هایی تا حد امکان کوچک‌تر، به هم نزدیک‌تر و با قدرت پردازش بیشتر ساخته شوند. مثلاً، تراشه‌ی خاصی از حافظه‌ی با دسترسی تصادفی دینامیک^۳ (DRAM) شامل ۶۴ میلیون ترانزیستور است.

در فناوری نانو حد پایین، ما با کاربرد اتم‌های منفرد سروکار داریم. با استفاده از کامیونر وسیله‌ای به نام میکروسکوپ تونلی پویشی^۴ (STM) می‌توان اتم‌ها و مولکول‌های منفرد را چنان آرایش داد و به حرکت درآورد که دقیقاً شرایط مورد نیاز به وجود آید.

به کمک وسیله‌ای به نام دستکاری کننده‌ی نانو^۵ می‌توان میدان اخت را اتم‌ها را احساس کرد. این وسیله با استفاده از ترسیم‌های با اندازه بسیار عادی و فناوری واقعیت مجازی^۶ (یا شبه واقعیت) به دانشمندان اجازه می‌دهد اتم‌ها را در حین حرکت کردن^۷ ببینند و احساس کنند.

1. Nomo Taniguchi
2. Integrated Circuits (IC)
3. Dynamic Random-Access Memory (DRAM)
4. Scanning Tunneling Microscope (STM)
5. nanomanipulator

* سیستم تشکیل‌دهنده‌ی حقیقی جسمی - اتم، یانه‌ها، کوخک و یانه‌ها و حتی

برخی ذرات ماده‌ها است.

* واقعیت مجازی (virtual reality) روشی رایجی است که محیط شبیه‌سازی شده را به کاربر برای آموزش و تحقیق در زمینه‌های یادگیری فراهم می‌کند. در این روش کاربر با استفاده از یک محیط واقعی قرار گرفته‌اند. در این روش در سیستم‌های کاربری حساس با کاربری استفاده می‌شود. حالتی که سیستم حساس‌کننده‌ی حرکت کاربر را در لحظه‌های دربر گرفته می‌گیرد و می‌تواند به صورت یک اتم یا ذره در نظر گرفته شود.