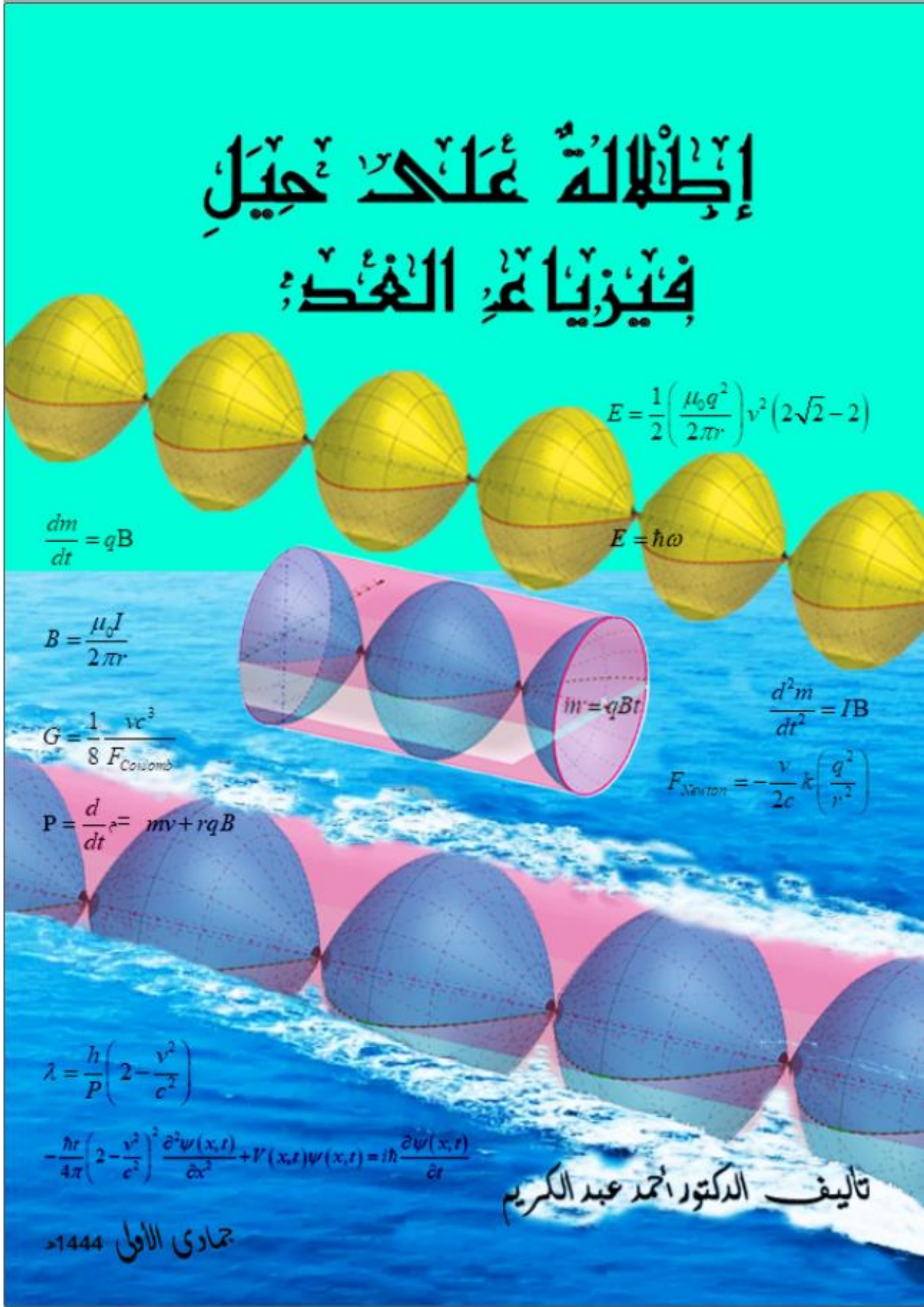
إطلالة على حيل فيزياء الغد



تأليف الدكتور أحمد عبد الكريم

جمادى الأولى 1444هـ

إطلالة على حيل فيزياء الخد

تأليف الدكتور أحمد عبد الكريم

جمادى الأولى 1444هـ

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2023/2/1023)

530.1
عبدالله، أحمد عبدالكريم أحمد
اطلالة على حيل فيزياء الغد / أحمد عبدالكريم أحمد عبدالله .-
عمان: دار أمواج للنشر والتوزيع، 2023

( ) ص
ر.إ. : 2023/2/1023
الواصفات: /الفيزياء//النظريات العلمية//العلوم الطبيعية
يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

ISBN: 978-9923-784-10-5 (ردمك)

حقوق الطبع

جميع حقوق النشر والتوزيع الالكتروني والورقي لهذا العمل محفوظة للمؤلف.

لا يسمح نشر أو إعادة نشر أو ترجمة لأي باب من أبواب هذا الكتاب أو طباعة محتوى هذا الكتاب أو جزء منه أو تخزينه أو تخزين جزء منه بأي صورة كانت وبأي وسيلة كانت دون الحصول على إذن مسبق مكتوب من المؤلف.

للتواصل مع المؤلف: aabdallah05@gmail.com

إهداء

إلى أمي أطال الله في عمرها ومتّعها بالصحة والعافيّة وأحسن خاتمتها

إلى روح أبي الذي أرجو الله أن يتغمّده بواسع رحمته ويدخله فسيح جنّاته

أرجو الله أن يحتسب لكما أجر هذا العمل في ميزان حسناتكما

إلى أخوتي وأخواتي وزوجتي وأبنائي وبناتي

أرجو الله لي ولكم الثبات على الإيمان وحسن الخاتمة

ولا يسعني إلا أن أهدي هذا العمل أيضا إلى أساتذتي في كل المراحل التعليمية وأخص بالذكر روح الأستاذ معاوية السيد الذي كان أوّل من علمني الفيزياء وحبّبها إلي

وأرجو من الله القبول

إن أي خير وجدتموه في هذا العمل فهو من توفيق الله. وأي خطأ وجدتموه في هذا العمل هو من جهلي وتقصيري وأسأل الله العفو والمغفرة.

بسم الله الرحمن الرحيم

اللهم ربّ جبرائيل وميكائيل وإسرافيل، فاطر السماوات والأرض، عالم الغيب والشهادة، أنت علام الغيوب، اللهم لا علم لنا إلا ما علمتنا، اللهم علمنا ما ينفعنا وانفعنا بما علمتنا وزدنا علما. اللهم يسر لي التوفيق والعصمة وعزّرني بحولك وقوتك وقدرتك. اللهم افتح لي من أبواب رحمتك ومغفرتك وعلمك واهدني لما فيه خيري في الدنيا والآخرة، إنّك تهدي من تشاء إلى صراط مستقيم.

اللهم إن كان في هذا العمل شر أو يؤول إلى شر فاطوه في مهده واطمس شره وجنبني وزره.

اللهم إن كان في هذا العمل خير وهدى فيسّر له إشراقة من إشراقات نورك تنير من خلاله دروب المخلصين وترفع به شأن عبادك المخلصين. وتجعل لي به نورا بين يديّ يوم تسود وجوه وتبيض وجوه، وتجعله مثقالا لي في ميزان الحسنات وسببا لتكفير السيئات إنّك عفوّ غفور كريم.

ابتدأ العمل في هذا البحث في السابع عشر من شعبان لسنة 1442هـ. والبذرة الدافع التي افتتحت هذه المواضيع التي تجدونها في هذا العمل كانت الشروع في الرد على كتاب "خطة الله لإدارة الكون"، وكان من ضمن مواضيع ذلك الكتاب مفهوم الزمكان والذي ادعى فيه الكاتب أن الزمكان هو الله جل في علاه. فعندما شرعت في توضيح مفهوم الزمكان، كان لزاما علي بداية أن اقرأ عن أعمال آينشتاين، فصدمني القبول العام عند علماء الفيزياء لتفسير نتائج تجربة مايكلسون ومورلي على الطريقة التي فسرت بها، والتي يُجمع على أنها هي السبب في تحفيز كل من لورنتز لتقديم معادلات التحويل فيما يعرف بتحويلات لونتز وتحفيز آينشتاين لتقديم تفسيرا شاملا فلسفيا ورياضيا مبنيا عليها فيما يعرف بالنسبيتين. وما زلت في حيرة من أمري بخصوص تفسير نتائج تلك التجربة والتي لا أتفق معهم على تفسيرها، كيف لا يرى هؤلاء العلماء ما أراه في عدم قبول تلك

التفسيرات. وأقف مليا وبتدبر للعقلية التي عندما تقدّم لها رأيا ما أو فكرة ما في موضوع ما، يسألونك: وما هو تخصصك؟ والأولى أن يكون الردّ يتعلق بالرأي الذي تقدمه وبالفكرة التي تقولها بدلا من السؤال عن التخصص، خاصة إن لم يكن الموضوع دينيا ويتعلق بالاجتهاد، فالجميع يعلم، أو يجب أن يعلم، أن آينشتاين لم يكن تخصصه في النسبية لا الخاصة ولا العامة عندما تقدم بابحاثه التي انتجت تلك النسبيتين، وابن الهيثم لم يدرس على البصريات على أحد من قبله ليتخصص بها ويدلي بدلوه فيها، وابن حيان لم يدرس علم الكيمياء حتى يؤسس لنا ذلك العلم، وأبو البركات بن ملكا البغدادي لم يكن متخصصا في علم الفيزياء ليقرر أسس قوانين نيوتن في الفيزياء قبل نيوتن بمئات السنين، وسيبويه لم يدرس العربية على أحد من قبله حتى يتخصص فيها، والخوارزمي لم يكن متخصصا في الجبر عندما قدم لنا علم الجبر، ولايبنتز ونيوتن لم يكن تخصصهما التفاضل والتكامل عندما أنتجا ذلك المبحث من الرياضيات. فأنت تخصصك يمكن أن يكون في موضوع معين ويمكن أن يتعدى ذلك، وذلك بحسب ما تقوم به من جهد وتدبر في الموضوع. ولنا في أعلى طبقة من متخصصي العلوم الفيزيائية أوضح الأمثلة أنهم كلهم غير متخصصين في مجالاتهم، لأنهم كل يوم يأتون لنا بفرضية غير التي تسبقها، وتكون فاشلة، لأنّ كل فرضية يقدمونها تكون للاجابة عن ظاهرة معينة ولكنّهم يتفاجأون بأنها تعجز عن تفسير الكثير من الظواهر المتبقية، فهم كمن يمارس لعبة الحظ للحصول على فكرة جديرة باستحقاق جائزة نوبل. فكل انسان لديه ما يقوله فليقله ولا يتردد حتى وإن كان "غير متخصص" في ذلك الموضوع، إن أخطأ يصوَّب وإن أصاب ينفع الله به باذن الله، لأنك لا تعلم من يقرأ أفكارك، فربما فكرتك غير المتخصصه تكون سببا في أن تفتح بابا عظيما عندما يقرأها المتخصص. أو ربما تفتح بابا آخرا للتدبر لمتخصص في موضوع آخر وعلى ذلك فمن يجد في عملي هذا خطأ، فليعذرني وليعلم بأنني طالب علم جاهل يحاول أن يعلم نفسه وليقدم لي مشكورا التصويب، ومن يجد فيه خيرا فليعلم بأنّ ذلك من توفيق الله وحده وما أنا إلا طالب علم أرغب في أن القى الله بقلب سليم وأن أترك خلفي ولدا صالحا وعلما نافعا. وبما أنّه لا يستطيع أي شخص أن

يضحد فكرة ما علميا إلا إن فهمها، لذلك فمن يقرأ بحثي هذا فهو من نوعين: إما أن يستوعب الأفكار الفيزيائية علميا ويقتنع بها، وإما أن يقول بخطئها ولا يستطيع أحد تخطئتها إلا بإثبات بطلانها وضحدها ولا يستطيع أحد ضحدها إلا بشيء علمي بعيد عن التعصب والتقليد الأعمى، لذلك فمن يستطيع ضحدها علميا يكون قد فهمها ومن يضحدها لأنها أتت بما لم يأت به آينشتاين فإنه مقلد أعمى.

الهدف من هذا العمل هو تقديم علاقة فيزيائة أصيلة للزخم بشكليه الكمومي والاعتيادي ثمّ تطبيق هذه العلاقة حيث أمكن لمختلف العلاقات الفيزيائية المعلومة. وقد وصلت إلى هذه العلاقة الهاما بتدبر طبيعة الضوء خلال بحثي في منحنيات الزمكان. وكان من نتائج الوصول إليها أنني تركت مبحث منحنيات الزمكان والابعاد جانبا ثمّ تتبعت هذه العلاقة بتضمينها في بقية القوانين الفيزيائية المعلومة ابتداءا من قانون كولومب وانتهاءا بمعادلات ماكسويل. فكان هذا العمل الذي بين أيديكم.

ربما أسمى هدف ضمني في هذا العمل هو ترسيخ مبدأ من مبادئ التحصين العقلي الذي بوبته في كتاب الحاسة السابعة: سلطة العقل. وهو مبدأ الريبة والتيقّن (المبدأ العاشر صفحة 308). فالمرء ربما يقف مترددا في مساءلة اعمال بعض العلماء ولو مساءلة داخلية ذاتية بينه وبين نفسه، مسلما بأنّه ما دام هذا العمل جاء من عالم مشهور ومشهود له فهو لا بدّ وأن يكون صوابا. وهذا أحد أبواب السيطرة على العقل. فالواجب التحرر من هذا القيد. انظر بعين الريبة والتدبّر لكل شيء تقرأه، حتى لو كان صيغة رياضية، أو تجربة فيزيائية، أو اجتهاد ديني. عدم اتفاقي مع مؤلف كتاب 'خطة الله لإدارة الكون' كان نابعا عن إعمال عقلي وتدبر أقواله وآرائه، وعندما شرعت في الرد عليه كان لزاما علي أن أتطرق لعلم الفيزياء، والذي هو ليس بعيدا عن تخصصي فأنا أحمل درجة البكالوريوس في الهندسة الكترونية والاتصالات وأنجزت الماجستير في الأنظمة الالكترونية والإدارة الهندسية بالاضافة للدكتوراة في إدارة الابداع الهندسي تركيز هندسة تعريف المشاكل. فوجدت أنّي لا أتفق مع تفسير العلماء لأهم تجربة كانت سببا في ابتداع تحويلات لورنتز ونسبيتي آينشتاين. وهي تجربة مايكلسون ومورلي. عدم قبولي لتفسيرهم قادني لتعميق تدبري

الفيزيائي وبحثي لتقديم نموذج فيزيائي لفهمي للزمكان ومن ثمّ اكتشاف صيغة ربط المادّة بالحيز الذي تجدونه بين أيديكم في هذا العمل. وهي صيغة تبين فيما بعد أنّها ولّدت تصورا قاد إلى توحيد وحدات المقادير الفيزيائية في بعدين أساسيين هما الزمان والمكان (الزمان والمكان المتعارف عليهما وليس الزمكان). فإن كنت تقرأ كتابي هذا فلا تسلم بصوابية محتوياته ومعادلاته، وأعمل عقلك وتدبر وحاول أن تثبت أنني مخطيء، عندها فقط تستطيع أن تفهم هذا العمل.

الغرض الأهم في هذا العمل تجده في تطبيق مفهوم تحويل الفكرة لمعادلة رياضية. وهذا من أصعب مراحل التقدم العلمي في فهم قوانين وسنن الكون. ولا أبالغ إن قلت بأن هذه الخطوة هي الحاجز الذي يقف عنده علماء فيزياء الكم المعاصرون، هم عاجزون عن تقديم معادلة رياضية تصف فهمهم لما يلاحظونه من سلوك المادّة والطاقة الكموميتان. لقد شرحت الآلية التي بواسطتها وصل تدبري والهامي للعلاقة الرياضية الأصيلة في هذا العمل. التقصي والتصور والتدبّر له دور مهم وأساسي في التقدم العلمي، لكن تحويل نموذج الفكرة إلى معادلة رياضية هو السبيل والعربة التي بواسطتها يتقدم العلم وتتطور الحضارة. وفي هذا العمل تجد تطبيقا عمليا لعملية التدبّر وتحويل النموذج لمعادلة رياضية ومن ثمّ عرض هذه المعادلة الرياضية على ما هو متوفر من معادلات الفيزياء التي تتعلق بها من طرف أو آخر، فكان ما تجده في هذا العمل من سبر الأغوار الرياضية لجمل العلاقات الفيزيائية ذات الصلة.

العنوان الذي اخترته لهذا العمل هو "اطلالة على حيل فيزياء الغد"، وذلك لأنني اعتقد بأنّ العلاقة التي يقدمها هذا العمل ستساهم بشكل كبير في فهم آلية خلق المادّة من الطاقة. فهذا العمل ليس فقط قدّم صيغة للزخم تربط بين عالمي الفيزياء الكمومية والفيزياء الكلاسيكية، بل قدّم الصيغة التي منها نشتق علاقة الزخم التي منها نشتق علاقة القوة؛ كما قدّم هذا العمل من صيغة الزخم صيغة للكتلة قابلة للاشتقاق بالنسبة للزمن، وبين بالرياضيات أنّ أساس الفيزياء هو الحركة وأساس الكون هو الشحنة. وأن الشيء الحقيقي الذي لا يفنى ولا يستحدث هو الشحنة وحيّزها. إنّ توصل العلم لفهم الآلية

التي تتحول بها الطاقة الكمومية لمادة، فإنّه عندها سيكون قد وضع قدمه على سلم نقل المادّة من مكان لآخر عن طريق كشف 'الشيفرة الوراثية' لطاقة المادّة. لذلك احتوى العنوان حيل فيزياء الغد.

وأما مخرج هذا العمل فهو "أحمد بن عبد الكريم بن أحمد بن عوض بن عبد الله بن إبراهيم بن عبد الحافظ بن إبراهيم بن سلامة" المسلم العربي الكنعاني البدّي. أحمد الله تعالى على أن وفقني لهذا العمل الذي أرجوا أن يكون من العلم النافع الذي قال فيه رسول الله ﷺ: "إذا مات ابن آدم انقطع عمله إلا من ثلاث: صدقة جارية أوعلم ينتفع به أو ولد صالح يدعو له". وقد سلكت بي دروب البحث من الإدارة الهندسية إلى تاريخ فلسطين والصهيونية ومنها إلى علم النفس والتأثير على العقل الإنساني ووسائل تحصينه ومنها إلى تدبّر آيات القرآن في كتابين ثمّ الرد على بعض المتنطعين الذي يخرصون عن الدين بغير علم ثمّ إلى علم الفيزياء المتمثل في مقدمة عن منحنيات الزمكان في عمل سابق ومن بعده هذا العمل الفيزيائي الصرف. وهناك ما هو قادم قيد التدبّر والبحث في منحنيات الزمكان والأبعاد أرى إن مدّ الله في عمري أن أخرجه، أسأل الله الهداية والتوفيق والتيسير.

المكانة المبتغاة لهذا العمل: حاولت في هذا العمل أن استكشف تأثير علاقة الزخم الجديدة على جميع علاقات الفيزياء المعلومة منذ نيوتن وكولومب. وقد أبهرني قدرة هذه العلاقة على التنقل بين تلك القوانين مجيئة وإيابا. فإنك بواسطتها إن ضمّنتها قانون كولومب أو لورنتز ستصل إلى قوانين نيوتن وإن ضمنتها قوانين نيوتن ستصل إلى كولومب ولورنتز. حتى أن قدرة هذه العلاقة على توفير علاقة قابلة للاشتقاق للكتلة قدّم لنا تعديلا على علاقة دي برولي ومن ثمّ معادلة شرودنجر. فالمكانة المبتغاة لهذا العمل هي أن يكون مرجع مفيد لطلبة المدارس الثانوية لأنها ستساعدهم على فهم الفيزياء بصورة أعمق وتبين لهم أن القوانين كلها تعود في أصلها إلى مقدار فيزيائي واحد هو الشحنة وإلى حالة فيزيائية واحدة هي الحركة – أي: الشحنة المتحركة. كما أن هذا العمل يقدّم تحدّيا متقدما لطلبة الدراسات العليا في اثبات مباديء هذا العمل أو ضحدها. فمفهوم أنّ الكتلة في

أصلها حيّز بحاجة لتطبيق الفيزياء التجريبية لفهم دور المادّة في الحيّز على علاقة شحنتها ومجالها المغناطيسي بالحيّز الذي تشغله. وهل يمكن أن نمط حيّز الشحنة أو نضغطه، وهل ازدياد حيّز الشحنة يؤثّر على قوّة مجالها المغناطيسي. فهذا العمل استند في أساسه على أن الحيّز المفرغ من المادّة بشكل كامل شيء غير قابل للتحقّق.

المقصود بهذا العمل هو كلّ طالب علم أو متخصص في الفيزياء. للمتخصص يوجد أفكار بحاجة للمزيد من الفحص والتدبّر وربما تهيئة بيئة تجريبية للتحقّق من بعض المفاهيم الجديدة خاصة تلك التي تربط الحيّز الفراغي بالقوى الكهرومغناطيسية، أو التحقق من أن الطاقات الكمومية للجسيمات تحت الذرية هي في الواقع عبارة عن كميات طاقة غير مكتملة الشروط لبناء المادّة. وهناك موضوع آخر للمتخصصين في البحث الرياضي لمنتجات أن يكون الضوء عرض. وهناك موضوع آخر للمتخصصين بحاجة للمزيد من البحث والتدبّر فيما يتعلق بكون المقادير الفيزيائية الأساسية في الكون هما مقداران اثنان فقط: المسافة والوقت، وأي مقدار فيزيائي آخر يمكن التعبير عنه عن طريق هذين البعدين، أي أنّ الكتلة ليست مقدارا أساسيا في الفيزياء. وهناك موضوع آخر للمتخصصين في الفيزياء بحاجة لمزيد من التطبيقات وهو كون الكتلة مقدارا فيزيائيا قابلا للاشتقاق مثله مثل الزخم أو المسافة أو أي دالّة أخرى قابلة للاشتقاق. وهناك مجال واسع للمتخصصين في تطبيق مفاهيم النسبية على كل هذه المواضيع الجديدة، أكانت من حيث المفاهيم أو من حيث التمثيل الرياضي لتلك المفاهيم، فهذا بحث في حد ذاته بحاجة لجهد مشترك من المتخصصين. كما أن هذا العمل بيّن لنا أنّ هناك ما يقارب الواحد والسبعين مقدارا فيزيائيا ما زال مجهولا. هذا مع العلم بأنّ هذه المقادير مبنية فقط على بعدين اثنين (الفراغ والزمن)، بينما إنْ تم اعتبار الكتلة كعنصر أساسي من المقادير الفيزيائية فإنّ أعداد المقادير المجهولة ستتعاظم. زد على ذلك أن المتخصّص ربما عندما تعرض له فكرة معينة، ربما يرى من خلالها ما لا يراه غيره، فقد رأى آينشتاين في ثابت بلانك ما لم يره بلانك نفسه، وربما آخر يرى ما لا يراه الأول، وهكذا تتقدم عجلة التطور والابداع.

هذا لا يعني أنّ محتويات هذا العمل لا يصلح إلا للمتخصصين فقط. بل إني أهيب بوزارة التربية والتعليم أن تلقي نظرة لادراج هذه المفاهيم الفيزيائية الجديدة التي تربط عالمي نيوتن وماكسويل معا عن طريق معادلة رياضية بسيطة يستطيع طلاب المدارس استيعابها بيسر وسهولة. بل إن في تطبيقها على قوانين نيوتن وقوانين كولومب والكهرومغناطيسية متعة يجدها الطالب في التحقق من أنّ كل هذه القوانين هي في الحقيقة تعود إلى أصل واحد. وبفهم منشأ هذه العلاقة الرياضية يستطيع الطالب أن يشتق قوانين نيوتن من قانون كولمب أو من قوانين الكهرومغناطيسية المتعارف عليها بقوة لورنس والقوة الكهربائية، كما يستطيع أن يعود من تلك القوانين إلى قوانين نيوتن.

الجديد في هذا العمل: من جميل المفارقات أنّ النور الذي بين صفحات هذا الكتاب قد تم التوصل إليه بناءا على دراسة سلوك الضوء! أكان ذلك في تحديد منحنيات الزمكان (وهو في عمل قادم باذن الله)، أو في تصرف سلوك الضوء المسلط على الفتحات أو، وهو الأكثر أهمية وثقل في عالم الفيزياء، التوصل للعلاقة بين الطاقة والكتلة بمفهوم الحيّز. جملة فيزيائية واحدة كفيلة بإنشاء علم كامل. فقوانين نيوتن التقليدية تتلخص في ثلاث جمل رئيسة، ونسبيتي آينشتان بنيت على جملة واحدة وهي ثبات سرعة الضوء لجميع المراقبين، وكذلك فإنّ مبدأ أن تماثل الجاذبية مع التسارع شكلت منطلق فيزيائي واسع في النسبية العامة. في هذا العمل تم التوصّل إلى علاقة من نفس النوع سيكون لها تأثير واسع في علم الفيزياء وعلاقاته الرياضية المتجهة. هي باختصار توحيد عالمي المادّة والطاقة في نطاق بعدين اثنين فقط: الفراغ والزمن.

أتذكّر أن فكرة فهم الرياضيات بربطها بالطبيعة والحياة العملية فكرة راودتني منذ نشأتي المدرسية، بحيث أدركت عندها أنّ من يفهم الرياضيات حقيقة هو الذي يستطيع تفسير علاقاتها بظواهر طبيعية. والفيزياء هي أقرب تطبيق عملي لهذه الفكرة. فتحويل التجريد الرياضي إلى تفسير ظواهر الطبيعة هو ليس إلا قوانين الفيزياء. لم أكن أعلم أنّ مبدأي هذا في فهم الرياضيات سيقودني لاكتشاف علاقة فيزيائية مهمة تحمل في طياتها مفتاح

باب جديد من أبواب علم الفيزياء وربما تكون هي حجر الأساس في العلم الكفيل بنقل الكتلة من مكان لآخر بسرعات لحظية.

وهذا العمل يوضح بصورة لا ريب فيها بأنّ الحركة هي أس وأساس الفيزياء. لا يوجد قوانين فيزياء ولا أبعاد ولا منحنيات زمكان ولا طاقة ولا مادّة ولا ضوء دون حركة. وبالنسبة لكوننا المنظور علميا فإنّ هناك نقطة واحدة متفردة غير متحركة وهي مركز الرتق المفتوق، هناك لا يوجد حركة ولذلك لا يوجد هناك فيزياء.

هذا العمل قدم لبنة بناء أساسية في صرح البحث عن نظرية شاملة للفيزياء في الكون. قدم صيغة إبداعية تربط بين فيزياء الكم وبين فيزياء الكون. صيغة تربط المادّة بالحيّز مرورا بالطاقة كوسيط. صيغة رياضية تبيّن أنّ أساس الكون هو الشحنة الكهربائية، وكل ما في الوجود المادي الفيزيائي من مادّة وطاقة هو ناتج عن حركتها. من خلال هذه الصيغة الرياضية كان الوصول إلى معادلة آينشتاين الشهيرة مجرد خطوتي تعويض رياضيتين كما أنها أوجدت العلاقة بين قانون نيوتن للجاذبية وقانون كولومب للقوى الكهربائية بين الشحنات الكهربائية وبينت كذلك أنّ كل شيء فيزيائي لا بدّ وأنّه يمتلك مجالا مغناطيسيا. بل إنّ هذا العمل توصل إلى علاقة ثابت الجاذبية بدلالة قانون كولومب لاغيا بذلك ثابتا طالما تحير الفيزيائيون عن تفسير معناه ونشأته.

وهذا العمل بيّن أيضا أنّ طول موجة دي برولي لها حد أدنى وحد أعلى، وقد توصلنا لهذه النتيجة عن طريق ثلاثة طرق منفصلة، مرة بنفس المنهج الذي قام به دي برولي، ومرة باللجوء إلى طاقة الحركة للموجة ومرة أخرى باللجوء لطاقة آينشتاين للكتلة، وهذا شيء جديد. هذه النتائج تقوي التعديل الذي توصلنا له في معادلة شرودنجر، وذلك لأنّ شرودنجر أساسا اعتمد مبدأ دي برولي لابتكار معادلته.

هذا العمل أظهر لنا الفلسفة الخلفية للفيزياء، كل الفيزياء. الكون كله عبارة عن شحنات كهربائية متحركة. وما أقصده بالكون هو كل المخلوقات وكل القوانين والسنن التي تحكم تلك المخلوقات. كل شيء يعود في أصله إلى شحنة كهربائية متحركة. وهذا العمل بين أنّ

كل قوانين الفيزياء يمكن التعبير عنها بدلالة الشحنة الكهربائية. اتجاه حركتها وزمن حركتها يشكلان الأبعاد ويشكل المقادير الفيزيائية من قوّة وكتلة وطاقة ومادة. الشيئان الوحيدان اللذان يبقيان خارج إطار تحكم الشحنة والحركة هما: الوقت والفراغ. الفراغ هو مسرح حركة الشحنة، والوقت هو الميزان الذي بتغيره تحدث المقادير.

ومن الملاحظات التي قدمها هذا العمل هو تسليط الضوء على قصورنا العملي والعلمي عن فهم الزمن بالدرجة التي نفهم فيها الفراغ. فمربع المتر نفهمه على أنّه المساحة، ومكعّب المتر هو الحجم، على أقل تقدير هذان المقداران مفهومان لدينا، ويتبع ذلك أيضا قوى ما زالت مبهمة في الفراغ (المتر للقوة 4 وأكثر). لكن بالنسبة للزمن الأمر ليس كذلك. فنحن فيزيائيا لا نفهم تربيع الزمن. وتربيع الزمن بالتأكيد يكافيء مقدارا فيزيائيا هو غير مفهوم لنا إلا في حالة واحدة فقط، وهو معكوس مربع الزمن في حالة المسافة، حيث يعطينا عندها التسارع. لكن مربع الزمن ذاته ما زال ينظر له فيزيائيا على أنّه عدد! ولكن البحث في أبعاد المقادير الفيزيائية بيّن لنا أنّ هناك العديد من المقادير الفيزيائية ما زالت غير مكتشفة (42 مقدارا معلوما بما فيها المكررات مقابل 44 مقدارا مجهولا دون تكرار أو 71 مقدارا مجهولا بتقدير نسبة المتكررات). وقد توصلت في هذا البحث أيضا إلى تعريف مقدار من هذه المقادير المجهولة وهو ما أطلقت عليه اسم 'المتانة' وهو أمّ الزخم. هذا عندما بسطنا وحدة الكتلة بدلالة الفراغ والزمن، ولو لم نتمكن من التدليل على الكتلة بدلالة الفراغ والزمن لتضاعف عدد المقادير الفيزيائية المجهولة عندنا. في هذا العمل ستجد الكثير من المعادلات الرياضية التي ستجبرك للتوقف عندها لتتفكر في معناها على الحقيقة وفي الكون، ولن تستطيع أن تسعف نفسك من الاندهاش: فهناك علاقات تنبيء أن الكتلة عرض، وهناك علاقات تدل على أنّ ما يعرف بقوة الجاذبية هي ليست جاذبية، بل كهربائية.

فمن الجديد في هذا العمل فيما يخص الكتلة هو تبيان أن الكتلة عرض، أي أنّها ليست مقدارا فيزيائيا أساسيا مثل المسافة والزمن. المسافة والزمن حقائق ومقادير فيزيائية ذاتية المنبع. لكن الكتلة هي عرض يتشكل بعدة صيغ: منها ما أظهره آينشتاين أن الكتلة يمكن أن تصبح طاقة؛ ومنها ما هو معتادون على لمسة من أنّ الكتلة مادّة ملموسة يمكن قياسها؛

ومنها ما أظهره هذا العمل من أنّ الكتلة هي عبارة عن الشحنة في المجال المغناطيسي في الزمن. أي أنّ الكتلة هي عرض تأثّر الشحنة ومجالها المغناطيسي بما يحيط بها من شحنات الكون من كل جانب. فما يحيط بالحيّز الذي نعتبره الكتلة يؤثّر على ذلك الحيّز بقوى من كل جانب، وهذا الحيّز له جيش وقوى تحافظ عليه مستقلا عن غيره، ومحصلة هذه القوى هو ما نعتبره الكتلة. هذا يعني أنّ وحدة الكيلوغرام ليست وحدة فيزيائية أساسية، فيتبقى عندنا وحدتين أساسيتين: المتر والثانية.

والجديد في هذا العمل هو ما اكتشفناه أنّ قوانين نيوتن ليس فقط لا تصف الحقيقة التي استكملها آينشتاين في نظريته النسبية الخاصة. بل هذا العمل بيّن لنا أنّ قوانين نيوتن لا تصف الواقع الفيزيائي الكلاسيكي وصفا كاملا. لأنّ هذا العمل بيّن لنا أنّه من أجل أن تكون قوانين نيوتن تصف الواقع بشكل كامل عليها أنْ تحتوي المقادير الفيزيائية الكهرومغناطيسية. فكون الكتلة عرض وكون مشتقة الكتلة زمنيا هي حاصل ضرب الشحنة في المجال المغناطيسي يبيّن لنا منطقيا وتلقائيا أنّ قانون نيوتن الثاني المعبر عنه بحاصل ضرب الكتلة في التسارع لا يصف الحقيقة ويتجاهل القوة المغناطيسية التي هي أساسا خاصية ملازمة لوجود الكتلة. فهذا العمل ليس فقط يربط قوانين ماكسويل مع قوانين نيوتن، بل يكمل الصورة بتعديل قوانين نيوتن لتشمل الخصائص الكهرومغناطيسية.

وما بيّنه هذا العمل هو أنّ ما نعتبره قوّة الجاذبية هو في الحقيقة قوّة كهربائية تعتمد فقط على المجال الكهربائي للجسمين والمسافة بينهما. نفي وجود قوّة تسمى الجاذبية لا يقيل قوى نيوتن فحسب، بل يقيل أيضا ما بناه آينشتاين على قوى نيوتن، وخاصة قوّة الجاذبية وعلاقة الطاقة بالكلتة. هذا لا يعني أننا لا نستطيع اللجوء لقوانين نيوتن وآينشتاين، بل يعني فيما يعنيه أن الكتلة ليست مقدارا فيزيائيا أساسيا بل عرضا مثلها مثل القوة وأي مقدار فيزيائي آخر سوى المسافة والزمن. يمكن لنا أن نستخدمها كما هي في العلاقات والقوانين، ولكن علينا أن نعي كونها عرضا.

أعلم بأنّ بعض العلاقات التي توصّلت لها في هذا العمل بحاجة إلى "تهذيب"، خاصة في اعتماد الأبعاد (علاقة طول الموجة بنصف القطر بالمسافة بين جسمين)، لأنّها مبنية على افتراضات ذهنية كما هو الحال في كثير من افتراضات العلماء، لكنني سأترك ذلك التهذيب لتمحيصات المهتمين من علماء الفيزياء توفيرا للحجم والوقت.

ولئن أردت تلخيص بعض الأفكار التي يقدمها هذا العمل لمسيرة الفيزياء فإنني ساضعها في القصيدة الآتية:

ما نحن إلا شحنةٌ متحركة ... في حقلها بمجالها مستمسكة

ومجالها المسؤول عن أحوازها ... لا ينثني في صدّ كلّ مصكّكة

تنجو به من شر كل مغازل ... وتقيمه ويقيمها في البكبكة

فلها الأمان من الفناء بأمره ... جلّ الذي حبك الأمور مشبّكة

تيارها يجري إليها راغبا ... متولّدا في إثرها إنْ تتركه

وبسعيه في إثرها يجعل لنا ... حقلا من المغناط يرمي نيزكه

إن أثمرا زمنا ترى ثقلا لها ... أقطابها في كتلة متورّكة

والكتلة الصماء تعط متانة ... إن أوجدت بعدا لها أنْ تسلكه

ومتانة التشكيل في أحشائها ... زخمٌ يجالد كلّ أمر يربكه

والقوة العصماء في عضلاته ... نشتقها من بطنه المتحشّكة

وإذا تجاوزت المفازةَ حيلةٌ ... كانت لنا شغلا نجدّد مَدْرَكه

والجاذبية أصلها الشحنات دون الثابت المجهول أنْ نستشركه

$$E = k\frac{q}{r^2}$$

الشحنة لا تفنى ولا تستحدث

$$I = \frac{q}{t}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$m = qBt$$

$$mr = \text{م}$$

$$\text{P} = \frac{d}{dt}\text{م} = mv = rqB$$

$$F = \frac{dP}{dt}$$

$$W = Fr$$

$$G = \frac{1}{8}\frac{vc^3}{F_{Coulomb}}$$

وما توفيقي إلا بالله

دورتمند، 19 جمادى الأولى 1444 هـ

مقدمة

علاقات أساسية

هذا البحث اعتمد علاقات ومباديء فيزيائية أساسية منها:

1- **كل الأبعاد الفيزيائية تعود في أصلها لبعدين اثنين لا ثالث لهما: الزمن والمسافة. أي أنّ الكتلة هي نتاج علاقة فيما بين الزمن والمسافة وطرف ثالث خفي هو الشحنة.**

2- **مقدار فيزيائي أساسي واحد هو المسؤول عن كل فيزياء الكون: الشحنة الكهربائية المتحركة.**

3- **العلاقة الأساسية التي تربط المجال الكهربائي بالمجال المغناطيسي هي:** $E = cB$ **حيث** c **: هي سرعة الضوء. هذا يعني أنّ باستطاعتنا الاستعاضة بأي منهما بالآخر عن طريق هذه العلاقة.**

4- **قانون كولومب**

5- **العلاقة الأساسية التي تربط التيار الكهربائي بمجاله المغناطيسي:** $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$.

6- **العلاقة الأساسية التي يقدمها هذا البحث بشكل أصيل هي دلالة الزخم بواسطة الحيّز تحت الذري لتكون:** $P = \lambda IBt$ **وفي هذا البحث باب يشرح آلية الوصول إلى هذه العلاقة. وهذه هي العلاقة التي ربطت فيما بين فيزياء نيوتن وفيزياء ماكسويل بشكل مبهر.**

7- **بما أنّ العلاقات الفيزيائية الأساسية التي اعتمدتها في هذه تتعلق بالشحنة وحركتها والمجال الكهرومغناطيسي، فإنّ هذ البحث لجأ في معالجة الحالات تحت الذرية لاعتبار حاصل قسمة المسافة على الزمن تساوي سرعة الضوء، وذلك خلال سبر**

أغوار العلاقات الفيزيائية المتعددة من أجل الوصول بها إلى صيغ جديدة تساهم في الربط بين عوالم الفيزياء.

8- هذا العمل لم يعتمد الضوء كموجات ولا جزيئات، بل اعتمده كعرض وقد تم تفسير ذلك في بابه. وهذا هو المدخل الذي تسبب في تدبر وابتكار تلك العلاقة الأصيلة للزخم.

الحركة هي أم الفيزياء

إنّ الحركة هي العنصر الفيزيائي المسؤول عن كلّ شيء فيما يخصّ عالم الفيزياء. دون حركة لن يكون هناك زمن، ولا تغيّر في المكان – أي لا وجود للمسافات لأنّ المسافة هي الفرق بين تغيّر الموقع المكاني في الزمن، ولا وجود للقوى الفيزيائية مثل قوى الدفع والاحتكاك، ولا قوى كهرومغناطيسية ومن ذلك لن يكون هناك ضوء لأنّ الضوء هو تغيّر – أو اضطراب - في المجالين المغناطيسي والكهربائي وهذا التغيّر هو حركة، ولا وجود للحرارة، لأنّ الحرارة هي الطاقة الحركية للذرّات. إذن الحركة هي الأساس الفيزيائي الحقيقي لكل علوم الفيزياء ومتغيراتها. والحركة هي التي تخلق الأبعاد بما فيها الزمن، والحركة هي التي تساعدنا في اختيار نقاط مرجعية. والحركة يتم تحديدها بعاملين أساسيين: الاتجاه والمقدار، والاتجاه والمقدار يمكن لنا التعبير عنهما بنفس الوحدة (متر مثلا)، أو بوحدات مختلفة (متر/ زاوية ....؛ أو متر/ ثانية ....). والتغير في أحدهما أو كلاهما يظهر لنا مفهوم الحركة. لذلك الحركة في أبسط مفاهيمها هي وجود ثبات في أحد العاملين وتغير في الآخر، بينما درجات التعقيد في الحركة غير منتهية، وهي بنفس مواصفات الأبعاد ... غير منتهية.

والتغير رياضيا يمكن التعبير عنه بالمشتقة الأولى، وبما أنّنا نستوعب أنّ الزمن هو بعد رابع يمكن التعبير عنه بالمسافة وكذلك الزوايا يمكن التعبير عنها بالمسافة، فإنّ ذلك يفتح لنا في عالم الرياضيات أبوابا أخرى للتعبير عن التغيّر بدلالات غير الزمن، أي غير التغيّر في الزمن، لذلك يمكن لنا أن نعتبر أنّ لكل نظام مستقل يمكننا أن نتعامل مع التغيّر في أبعاده ($x^1 \ldots x^n$: بحيث x تمثّل بعدا معتمدا في النظام مثل المسافة أو الزاوية أو الزمن) بترابط رياضي كالآتي:

$$\frac{\partial x^1}{\partial x^n} = \frac{\partial x^1}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial x^4}\frac{\partial x^4}{\partial x^5}\cdots\frac{\partial x^{n-2}}{\partial x^{n-1}}\frac{\partial x^{n-1}}{\partial x^n}$$

أي أنّ التغيّر في البعد الأول بالنسبة للبعد الثالث يمكن معرفته من خلال حساب التغيّر في البعد الأول بالنسبة للبعد الثاني مضروبا في التغيّر في البعد الثاني بالنسبة للبعد الثالث

مع مراعاة أنّ تلك الأبعاد تنتمي لنظام مستقل، أي أنّه لا يوجد مؤثر خارجي يؤثّر في بعد واحد أو أكثر دون أن يحدث ذلك تأثيرا في بقية الأبعاد، لأنّه عندها سيكون التغيّر في أي من الأبعاد المتأثرة بالنسبة للبعد غير المتأثر صفرا، والصفر مضروبا في أي قيمة سيعطينا صفرا.

كما أنّ هناك أساسا رياضيا آخرا لا بدّ من تحققه فيما يخصّ علاقة الأحداث بأبعادها، وهو أنّ التغيّر الذي يطرأ على الحدث – أو المتجهة – هو نتاج مجموع التغيرات الحاصلة في جميع الأبعاد التي تمثّل ذلك الحدث – أو المتجهة. ورياضيا هذا يمكن التعبير عنه كالآتي:

إذا كان: $\vec{A}$ متجهة، فإنّ: $\partial\vec{A}=\frac{\partial\vec{A}}{\partial x^1}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial x^2}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial x^3}+\ldots+\frac{\partial\vec{A}}{\partial x^n}$

والحركة هي التي تنتج الطاقة الحركية: $E_k=\frac{1}{2}mv^2$، وطاقة الوضع لا يمكن لنا حسابها إلا بتحديد مستويين ومرجعية، فهي الطاقة التي تمتلكها الكتلة بحكم موقعها في المجال. ووجود مستويان بمرجعية يعني حركة من مكان لآخر. فلا يوجد طاقة وضع ما لم يتم نقل الكتلة من مكان لآخر داخل المجال المعاند الذي يستوجب بذل الشغل – وبما انّ آينشتاين قال بأنّ الجاذبية هي التسارع – فإنّ طاقة الوضع هي نقل الكتلة في مسار تسارع من مكان لآخر، لذلك فإن الحركة الحرة ليس لها طاقة وضع. ومسارات التسارع هذه هي منحنيات الزمكان، لقد تم توضيح هذا المفهوم في كتاب سابق (خطة عقل. انحطاط في التطور وانحباس في التعقل)، وسيتم تقديمه مفصلا في عمل قادم بإذن الله. هذا يعني أنّ طاقة الوضع للكتلة ذاتها قد تختلف باختلاف المرجعية. فالكتلة المتحركة في مسارات منحنيات زمكان الأرض سيكون لها طاقة وضع بالنسبة للأرض، ولكن تلك الكتلة ستكون طاقة وضعها صفر بالنسبة للمراقب الذي يقبع خارج الغلاف الجوي للأرض، ويدور معها، أي أنّه غير مدرك لتأثير منحنيات زمكان الأرض، أي غير متأثّر بها. أي أنّه غير قادر على التأثير عليها لنقلها من مكان لآخر، فطاقة وضعها بالنسبة له غير موجودة،

أو هي مساوية لطاقة الوضع الخاصّة به. وطاقة الوضع لنفس الكتلة المتحركة في منحنيات زمكان الأرض ستكون طاقة وضعها غير منتهية إذا اعتبرنا كامل المجرّة كمرجعية لها. لأنّها جزء من المجرة، والمجرة متحركة، أي أنها منتقلة من مكان لأخر فهي تكتسب طاقة وضع باستمرار بالنسبة لمركز فتق الرتق. والمكان الذي هي منتقلة إليه غير محدود فيزيائيا. لذلك فإنها كل يوم تكتسب طاقة وضع جديدة وغير منتهية بالنسبة لمركز الفتق. فالحركة هي المسؤولة عن خلق طاقة الحركة وهي المسؤولة عن خلق طاقة الوضع.

ولكن إن كان الكون يسير في مدار دائري عظيم – قطره ملايين السنين الضوئية – فإنّ طاقة الوضع عندها ستكون متغيرة بين قيم عظمى وقيم صغرى، تماما مثل مقدار الزاوية بين 0° و 360°.

فإذا ما اعتبرنا مركز الرتق قبل الفتق على أنّه مرجعيتنا في قياس طاقة الوضع، فإنّ طاقة الوضع قبل الفتق يجب أن تكون صفرا (حتى وإن كانت غير ذلك بالنسبة لشيء ما آخر في الكون)، وكل الطاقة هناك قبل الفتق هي طاقة حركية. وبأمر إلهي بسنن ما زال العلم يجهلها انفتق الرتق وأصبحت العوالم في حركة مستمرّة مبتعدة عن مركز الرتق. هذا يعني أنّ الطاقة الحركية تتسبب في كل لحظة بتغيير مقادير الطاقة لكل الأجسام المتحركة، بإكسابها طاقة وضع جديدة لأنّها تنقل الأجسام إلى مواضع جديدة بعيدة عن مركز الرتق. وإذا كانت الطاقة لا تفنى ولا تستحدث بحسب مفاهيم الفيزياء فهذا يعني أنّ الطاقة الحركية سيتغير مقدارها بحيث تكون الزيادة في طاقة الوضع مساوية للنقصان في طاقة الحركة. وإذا كانت طاقة الحركة في نقصان، فهذا يعني أنّ السرعة في نقصان. ولا يوجد دلائل على أنّ السرعة في نقصان إلا إذا كانت السرعة المقصودة والمعنية بالنقصان هي سرعة الابتعاد عن مركز الرتق وليس سرعات دوران الأجسام حول نفسها أو خلال منحنيات الزمكان التي تحكمها حول مراكز المجرات مثل الشموس وغيرها. فإنّ لم تكن السرعة في نقصان فهذا يعني أنّ هناك مصادر طاقة أخرى تفسّر التصاعد في طاقة الوضع.

فإذا فصلنا التغيّر في طاقة الوضع عن الطاقة الحركية للأجسام، فإنّ هذا يعني أنّه بمجرد صدور الأمر بفتق الرتق، إمّا بأمر كن أو بإحداث سنّة فيزيائية علمية قد يتوصل لها العلم كالزيادة في سرعة دوران الرتق إلى مقادير جدّ هائلة لا يستطيع العقل تصوّرها، هذا الأمر ومع ابتداء الفتق خلق مقدارا هائلا من الطاقة وهذه الطاقة وجودها أصبح ناتجا عن الحركة ولكنه ليس مرتبطا بها. وجود هذه الطاقة في داخل الكرسي شكّل طاقة وضع موجبة وهائلة في المقدار بحيث أصبح ما حول هذه الطاقة عبارة عن مجال لطاقة وضع سالبة في المقدار مما يسمح لمنتجات الفتق بالتمدد في مجال الكرسي من المكان الأعلى في طاقة الوضع للمكان الأقل – من الموجب إلى السالب – تماما كما ينساب الماء دون إعاقة من المكان الأعلى للمكان الأسفل. إذن للحفاظ على قوانين الطاقة الفيزيائية نقول:

طاقة الرتق كانت في البداية طاقة حركية. قبل الفتق مباشرة تزايدت هذه الطاقة بشكل هائل جدا بحيث تحول جزء أو كل مادّة الرتق إلى طاقة. هذه الطاقة أصبحت على نوعين:

الأول ناتج عن حالة الرتق قبل الفتق وهي الطاقة الحركية

والثاني ناتج عن تحول جزء من تلك الطاقة إلى طاقة وضع موجبة في جزء غير متصور من الزمن.

وبالمعادلات: طاقة الرتق قبل الفتق: $E_R = \frac{1}{2}mv^2$

الطاقة الناتجة بعد زمن أدق من زمن بلانك (أي أقل زمن يمكن تصوره فيزيائيا) من الفتق: $E_F = E_R + E_A$

حيث: E_R طاقة الرتق قبل الفتق وهي طاقة حركية بحتة؛ E_F طاقة الفتق الكلية؛ E_A طاقة الأمر بالفتق وهي تمثّل التدخل الرباني لإجراء الفتق إما بزيادة السرعة وبالتالي زيادة الطاقة الحركية الكلية أو بأمر آخر نجهل معناه الفيزيائي.

هذا يعني أنّه إن كنّا أردنا أن نعتبر طاقة الوضع مباشرة بعد الفتق عند مركز الفتق لتكون صفرا فإنّ طاقة المجال المحيط بالرتق داخل الكرسي مباشرة بعد فتق الرتق أصبحت تساوي: $-E_A$ والإشارة السالبة تعني انتشار محتويات الرتق في داخل الكرسي من المكان الأكثر طاقة إلى المكان الأقلّ طاقة، أي مبتعدة عن مركز الفتق.

الحتمية والقيومية

يشاع كثيرا في محاضرات الفيزيائيين أنّ من مبادي فيزياء الكم، مبدأ عدم الحتمية. أو أنّ الأشياء تظهر للوعي فقط عندما نقيسها، فهي توجد في كل مكان في أي وقت، وظهورها على الوضع الذي تعيها فيه لا يتحقق إلا عندما نقيسها. فالالكترون قد يكون هنا وفي نفس الوقت على القمر، ووجوده يتحقق 'هنا' في وعينا فقط عندما نقوم بقياسه. وكذلك الحال بالنسبة لمقدار طاقته، فهو قد يكون هنا بطاقة 'س' وهناك بطاقة 'ص' وفي مكان ثالث بطاقة 'ع'... الخ. أي أنّه في العالم الجسيمات تحت الذرية لا شيء يبقى على حاله زمانين، هو متغير في كل لحظة. ويدعّم الفيزيائيون رأيهم هذا رياضيا بنتائج معادلة شرودنجر التي تعطينا 'الأحوال الممكنة' لأي نظام فيزيائي إذا علمنا حاضره. والاحتمال لتلك الأحول مختلف ما بين حالة وأخرى، فمنها ما هو عال الاحتمال ومنها ما احتماله منخفض الحدوث.

ومبدأ اللاحتمية هذا هو مبدأ هايزنبيرج وباعتمادة من وجهة نظر المراقب فإنّ ذلك لا يصحّ مطلقا، لأنّنا إن اعتمدنا وعي المراقب على أنّه هو الذي يجعل الأشياء تتحقق فلا بدّ إذن من عدم تحقق الأشياء الغائبة عن وعي الإنسان. فنحن لا نعي الأكوان التي لم يصلنا منا وعنها شيء بالرغم من أنّها موجودة، هذا ليس موطن الخطأ، بل إن موطن الخطأ في اعتماد وعي المراقب لتحقق النتيجة يكون لتلك الأشياء الغائبة عن وعي جميع الناس ولكنها متحققة، ومن أمثلة ذلك الكثير منها ما نرى تأثيره في حياتنا كالتيار الكهربائي في أسلاك الضغط العالي ومنها الكواكب الغائبة عن وعينا ولكنها حقيقة موجودة.

مبدأ اللاحتمية يعني على مستوى الحياة المعيشية أنّ حوادث الكون الماضية والحالية والمستقبليه هي حوادث احتمال وليست حتمية. هذا يعني أنّ ما ينتج عن الحوادث هو أيضا احتمال وليس حتمي. فالموجودات هي احتمالية وليست حتمية. ومن الأمثلة التي تروق لعالم الفيزياء العراقي البروفيسور باسل الطائي ضربها أنّ النار تحرق القطن ليس حتما بل معناه أنّ النار تحرق القطن باحتمالية عالية جدا جدا، لكن هناك قدر من الاحتمال أنّها لا تحرق القطن. ويقول بأنّ نظرية الكم تحدّد مقدار الاحتمال لأي حال من الأحوال لكن لا أحد يعلم متى يكون حدوث الاحتمال ولا يمكن لاحد اكتشاف قانون يحدّد متى يمكن للاحتمال الحدوث على الحقيقة. لذلك يقول الدكتور باسل الطائي أن حدوث الحادث مرتبط بإرادة الحي القيوم ﷻ، ويدعي الدكتور باسل الطائي بأنّ الحتم السببي (Causal Determinism) قد تم إسقاطه من قبل قوانين فيزياء الكم.

واعتقد بأنّ الدكتور باسل الطائي قد تسرّع في إسقاط مباديء وقوانين ميكانيكا الكم على سنن الكون التي أودعها الله فيه، فهو يحاضر بخصوص قوانين ميكانيكا الكم وكأنّها مسلمة وموثوقة ومثبتة. ونحن نعلم بأنّ علماء الفيزياء أنفسهم لا يفهمون ظواهر ميكانيا الكم، وما زالوا في طور الرضاعة في فهم مبادئ وحركة الجسيمات تحت الذرية. وكذلك نحن نعلم بأنّ المآل من هكذا آراء هو السير في فلك الملحدين، يقول الملحد لورنس كراوس: "لأخذ هذا التشبيه إلى أبعد من ذلك، كان أينشتاين واحدًا من أوائل الفيزيائيين الذين بيّنوا أن المفهوم الكلاسيكي للسببية يبدأ في الانهيار في عالم الكم. كثير من الناس لديهم تحفظا من اقتراحي بأنّ الكون لا يحتاج إلى سبب لكنّه ظهر إلى الوجود من لا شيء. ومع ذلك، هذا هو بالضبط ما يحدث للضوء الذي تستخدمه لقراءة هذه الصفحة. تصدر الإلكترونات الموجودة في الذرّات الساخنة فوتونات – فوتونات لم تكن موجودة قبل أن يتم بعثها — والتي تنبعث تلقائيًا ودون سبب محدّد. لماذا نحن منسجمين على

[1] https://www.youtube.com/watch?v=d68k8HP8p8M

الأقل إلى حدّ ما مع فكرة أنّ الفوتونات يمكن تكوينها من لا شيء دون سبب ولكن ليس ذلك ممكنا للأكوان كاملة؟" (Krauss, Lawrence: 2017 p. 92).

فاللاحتمية هو تفسير فلسفي لظواهر غير مفهومة، وربما لطرائق بحث وتجريب غير دقيقة أو غير مناسبة أو غير مفهومة النتائج بناءا على تصور خاطيء لما نحن بصدد قياسه فنقرأ النتائج ويسقطها وعينا الباطني على ما هو في مخيلتنا فنخطيء في قراءتها، أي في تفسيرها. فإن كان العلم الفيزيائي التجريبي توصل بمعدات قياس دقيقة للجسيمات تحت الذرية فإنّ اللاحتمية شيء مفهوم إذا ما علمنا آلية انتقال الطاقة لتلك الجسيمات تحت الذرية. فهي، كما هو مفصل في باب 'الضوء عرض' تعتمد المجالين الكهرومغناطيسي وطول الموجة. ومقدار الطاقة عند كل نقطة على طول موجة الطاقة تحدّد بقيمة مختلفة عن قيمتها عند بقية النقاط. وإذا كانت الاحتمالية لوجود الطاقة هي مربع اتساع الموجة عند تلك النقطة. لذلك من الطبيعي جدا أننا سنقيس قراءة واحدة من تلك القراءات المختلفة للموجة إن امتلكنا وسائل قياس دقيقة، وهو ما نفترضه في مختبرات الفيزياء المتقدمة. فمرة نقيس القمة ونلاحظ وجود الالكترون ومرة أخرى نقيس نقطة الصفر ونلاحظ غياب الالكترون ولا ننسى أنّ تداخل موجات الطاقة القادمة من مصادر مختلفة قد تؤدي إلى اختفاء القيم عن القياس بالرغم من وجودها في المجال، فهي قد تختفي عند نقطة التداخل ولكنها سرعان ما تظهر بمجرد خروجها من نقطة التداخل. الأمر شبيه بتداخل موجتان من موجات الاتصال الراديوي، كل موجة منهما محملة بمعلومات متضمنة فيها إما بالتضمين التردّدي أو الاتساعي، التداخل لا يلغي وجود الموجتان الحاملتان للمعلومات، ولكن التداخل يتسبب في التشويش على المعلومات المنقولة، بينما الموجتان الحاملتان للمعلومات ستبقيان تسيران في مساريهما ولن يدركا بأنّ تداخلا قد حصل فيما بينهما.

ثمّ علينا أن لا نتجاهل الآلية التي بها نقيس وجود الطاقة، فإنّ كنا نستخدم الطاقة لقياس الطاقة فنحن بلا شك سنؤثر في الطاقة المقيسة. ومبدأ اللاحتمية بهذا الوصف نراه بالعين المجردة، فابسط ظاهرة لمبدأ اللاحتمية فيما يتعلق بالطاقة يمكن مشاهدته عند النظر

لأضواء مدينة من مسافة بعيدة، ستراها مترددة بين الإضاءة واختفائها. فالضوء موجود ثمّ يختفي ثمّ يعود ثمّ يختفي وهكذا بحسب تردده. وهذا ليس مرتبطا بالوعي بل هو مرتبط بطبيعة الطاقة نفسها. ففي مثالنا الأخير كانت العين هي أداة القياس، ولكن لم يكن هناك بينها وبين أضواء المدينة مصادر ضوء أخرى مسلطة باتجاه العين، ولو كان هناك مصادر أخرى لما تمكنت العين من رؤية تردّد أضواء المدينة.

وملاحظة ثالثة نظرية فيما يتعلق بالقياس وتأثيره على مبدأ اللاحتمية وعلى نوعية النتائج التي نقرؤها ألا وهي أننا نقيس الطاقة بالطاقة فما نلاحظه لا بدّ وأن يكون تأثير الطاقة الأكبر على الطاقة الأصغر ومن ثمّ فإنّ تأثير المجهول على المعلوم سيكون مغيرا في المعلوم وتأثيره في المجهول ليس أكيدا. فنحن عندما نسلط مقدارا معينا من الطاقة على مكونات الذرّة، فإنّنا بلا شك نسلط مقاير صغيرة من تلك الطاقة كمقذوفات. وهذه المقذوفات هي طاقة وهي مقذوفة باتجاه تجمع للطاقات في الذرّة ومحتوياتها. حتى وإن كانت طاقة كمومية واحدة (النيوترينو مثلا) مقذوفة باتجاه طاقة كمومية أخرى (البروتون مثلا). والاسماء التي يخرج لنا بها علماء تجارب الفيزياء تدل على عدم اتزان واضح. فقد رأوا: الالكترون، والفوتون، والبروتون، والنيوترون، والبوزيترون، والنيوترينو، والبيون (البيون والميزون جزيئات تبديل القوى العظمى)، والميزون (كوارك+مضاد الكوارك)، والفونون، والميون، وتاو ميزون، وثيتا ميزون، والبوزون، والجلوون، والكوارك، ومضاد الكوارك، يو كوارك، دي كوارك، كوارك للأعلى، كوارك للاسفل، إس كوارك، الكوارك الساحر، كوارك القمة، كوارك القاع، الكترون تاو، أو تاو ميزون، كابا ميزون، أو كاؤون (ك ميزون)، أوميغا ميزون، هايبرون، لمبدا هايبرون، سيجما هايبرون، اكس أي هايبرون،... هذا غير عن أشعة الفا وبيتا وجاما وغير الجسيمات التي اسموها ولم يروها مثل (الشبح). وكثير من تلك الجسيمات لها أنواع أخرى من عائلاتها مثل الكوارك للأعلى والكوارك للأسفل، وكثير منها متجهي وآخر قيمي، كما أنّ منها ما له كتلة ومنها ما ليس له كتلة! ... وما زال البحث جاريا، ويبدو الأمر أنّ النواة، على صغر حجمها النظري وأبعادها الدقيقة لا تحتمل تصنيف هذا الكم من الفصائل، بل إنّ

السلسلة لم تنته بعد. هذا يعني أنّه من المحتمل أن تكون بعض تلك الكمومات من الطاقة هي نفسها ولكن في لحظة قياس خاصة، وقد تكون هي ناتجة عن تحول في المقذوف نفسه إما بخسارة مقدار من طاقته أو باكتساب طاقة من هدفه، وهذا لن يعطينا صورة دقيقة عن أحوال وصفات الهدف التي هي مجهولة بالنسبة لنا والتي بسبب جهلنا لها نحاول أن نقذفها بطاقات كمومية. مبدأ العمل هذا أشبه بقذف حجر على حرش سمعت منه صوتا غير موثوق من طبيعته، فأنت تعتقده خيرا وهو قد يكون أفعى أو أي زاحف آخر أو قطا أو عصفورا ... وهذا بعيدا كل البعد عن مفهوم اللاحتمية.

ما يعتقد أنّه كوارك، على سبيل المثال لا الحصر، هو في حقيقته كمية محددة من الطاقة، وعندما تكون تلك الطاقة بمواصفات معينة فهي تكون للأسفل، وعندما تختلف تلك الطاقة في بعض المواصفات تصبح كوارك للأعلى ... الخ. المقصود لفت النظر إليه هو أن هذه المسميات هي طاقات كمومية ناتجة عن تصادم طاقات كمومية أخرى. فكما أنّ الالكترون لا يمكن أن يكون في أي مكان فيما بين مداراته حول النواة، فإنّه من الطبيعي أن نعتقد بأنّ الطاقة الكمومية لا يمكن لها أن تتشكل منفصلة إنْ لم تصل إلى مقدار معين يمثّل الحدّ الأدنى المؤهّل للوجود. لكن إن تساوت الطاقة الكمومية الناتجة عن التصادم مع ذلك الحدّ الأدنى أو زادت عنه فإنّه بامكاننا ملاحظتها مخبريا.

الآن هذه المقادير من الطاقات التي تنتج ليس بالضرورة أن تكون هي نفسها جسيمات مستقلة قبل الانفصال نتيجة التصادم. فإن كانت المادّة طاقة فإنّ الطاقة لا تتشكل على صورة مادّة إلا بالحد الأدنى ليس فقط من مقدار الطاقة اللازم بل أيضا من نوعية الطاقة (مثل قطبيتها أو طورها). من هذا المنظور فإنّنا نستطيع أن نعتبر الكثير من تلك الطاقات الكمومية الناتجة عن تصادم الجسيمات تحت الذرية، هي عبارة عن أجزاء من الطاقة حقّقت شرط مساواة الحدّ الأدنى للظهور والاستقلال على شكل طاقة لكنها لم تحقّق شرط أو شروط تكوين المادّة (أي التحول من طاقة لمادة) بعد أن انفصلت على شكل طاقة نتيجة التصادم. لذلك فإنّ الكثير من هذه الأسماء للجسيمات تحت الذرية هي عبارة عن طاقات كمومية لا غير وليست جسيمات مادية. فقط يمكن ملاحظتها على

شكل طاقة ضوئية ما تلبث أن تختفي متحولة إلى حرارة أو أي نوع آخر من أنواع الطاقة كأن يتم امتصاصها من قبل جسيمات مادية حقيقية، وقدرة وشروط الجسيمات الممتصة يجب التحقق منها. لذلك فإنّ أي طاقة كمومية تظهر نتيجة التصادمات المخبرية لا نسلّم بأنّها جسيمات تحت ذرية مالم تحقق شرط الاستقلال و/أو التفاعل المؤدي للاستقلال القابل للقياس. كأن يكون الناتج الكترون ويكون باستطاعتنا تتبع ذلك الالكترون والتأكد من مكان استقراره الأخير، لا أن يكون على شكل مسار ضوئي فقط ثمّ لا نعلم أين ذهب! ما يظهر على شكل ضوء ويختفي دون أثر لا بدّ أنّه طاقة كمومية تحت مادية، أي أنها ليست جسيمات تحت ذرية.

ونستطيع أن نضرب مثالا يوضح لنا هذا المفهوم. إن شرعنا في قطع سلك من الحديد فإنّ كل قطعة ناتجة ستكون حديد. هذا التصنيف سيبقى قائما إلى أن نصل إلى آخر جزيء في يدنا عليه الدور للقطع. عند قطع ذلك الجزيء فإنّنا نحصل على الذرّة، وهي ما زالت أيضا تمثّل مادّة الحديد. لكن عند قطع الذرّة فإنّنا لن نحصل على حديد!

ومن يقرأ كتب الفيزياء وتاريخ اكتشاف الجسيمات تحت الذرية يلاحظ أنّ الجسيمات تم تعريفها أولا ثمّ تم العمل على اكتشافها ثانيا. وهذا كثيرا ما نلاحظه نتيجة الرياضيات والتقديرات المتوقعة لكتلة الجسيم المفترض تواجده. طبعا إن انتجت لنا الرياضيات احتمال وجود جسيم تحت ذري بمثقال معين يزيد عن كتلة الالكترون مثلا بـ 500 مرة، فإنّه من الطبيعي أن لا يمكن لنا التعامل معه بقذفه بإلكترون، لأنّ كتلة الالكترون لن تزحزحه من مكانه، لذلك يلجأ العلماء إلى إيجاد وسائل لقذف النواة بطاقة قادرة على التعامل وضرب ذلك المقدار من الكتلة (500 ضعف من كتلة الالكترون). عند ذلك لا بدّ وأن تتسبب الطاقة القاذفة بإحداث تأثير يتناسب مع كتلتها، والطاقة التي رياضيا يفترض أن تتأثّر بها هي لحد 500 ضعف من كلتة الالكترون، عند ذلك يفرح الباحثون ويسجلون اكتشافا جديدا لجسيم تحت ذري جديد ويحصدون على ذلك جائزة نوبل للفيزياء! ومن يتدبر هذه الآلية سيجد أنّ النواة دائما ستتأثر بطاقة تناسب الطاقة التي قذفتها وسينتج عن ذلك طاقات تناسب ذلك في الكتلة، هذا يعني أنّ الجسيمات تحت

الذرية غير منتهية، والعقبة الوحيدة في انتاجها، ومن ثمّ اكتشافها، هو الدقة في كمية الطاقة القاذفة. ولكن في الجانب الآخر هذا يعني أنّ هذا ليس علما، وليس فيزياءا، هذا لعب وإهدار للأموال والجهود وتحصيل مراكز مرموقة مزيفة مهما كانت راقية.

وهذا يعني من ضمن ما يعنيه أنّ كل هذه الأسماء والمسميات وما ألحقت بهم من علماء باسماء زينت المجلات البحثية وقائمة حاصدي جائزة نوبل سيأتي لها يوم تطرح فيه جانبا وتكون مجرد نظرة حسرة على هذا الجهد والمال الضائع. وربما يعتقد القاريء بأنّ هذا تجني وجهل بما يقوم به علماء الفيزياء، وفي المحصلة فهم بهذا العلم وصلوا القمر وفجروا النواة وأنتجوا الطاقة وأسّسوا للكثير من بقية العلوم كالاتصالات والطب والزراعة والطاقة. وهذا شيء معتبر ومقبول لكن إذا ما دققنا النظر في كل ذلك فإنّ دور الفيزياء الكمومية في ذلك هو صفر. كل ما هو متوفّر لدينا من تقدم وتكنولوجيا هو يتعلق بفيزياء ما فوق النواة وما يتعلق بمعالجة معادلات ماكسويل من خلال الفيزياء التقليدية.

بالطبع مبدأ اللاحتمية ينافي الفهم المبدئي لصفات الله سبحانه وتعالى. فالله يعلم الغيب، ويعلم ما تكن الصدور وما تعلن. ومن أوجب صفات الله سبحانه وتعالى هو أنّه غير متغير لا في ذاته ولا في صفاته. فعدم الحتمية في أفعاله سبحانه وتعالى يعني التغيّر، وهذا لا ينسجم مع صفة الثبوت، فالحتمية من الثبوت وعدم الحتمية هي التغيّر. وهذا باب واسع في علم الكلام لا أريد أن أخوض فيه، لكن جلّ ما أريد أن ألفت الانتباه له هنا هو أنّ قوانين ومباديء فيزياء الكم غير منطقية وتجانب الصواب لأنها مبنية على فرضيات غير متحقق من صوابها.

لا يوجد شيء فوق المنطق في التخيل عند الفيزيائيين. حتى أولئك الذي يحصدون جوائز نوبل. حتى يستقيم لفاينمان تفسير ديناميكية الكموم واحتفاظها بمبدأ عدم تجاوز سرعة الضوء افترض وجود مضادات الجسيمات. فللالكترون الذي يهيأ لنا أنّه سلك مسارا ما كان ليقطعه إلا بتجاوز سرعة الضوء، حتى يجعل ذلك ممكنا افترض بداية أنّ الالكترون يسير في الزمن للوراء، لكن ذلك فلسفيا ورياضيا يصعب تذليله، لذلك افترض أنّه في

اللحظة التي يحتاج فيها الالكترون أن يسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء، أو يسير للخلف في الزمن، عندها من الأفضل أن نفترض بأنّ هناك زوجا من جسيم مضاد للالكترون وإلكترون آخر بحيث يسير المضاد قدما في الزمن حتى يلتقي مع الالكترون الأصلي فيفنيا سويا ويبقى الالكترون المستحدث في المكان الذي كان من المفترض أن يصل إليه الالكترون الأصلي. الجسيم المضاد هو الكترون بكل صفاته ما عدا شحنته، له شحنة معاكسة للالكترون، أي أنّ شحنته موجبة. فإن كان على الالكترون الأصلي أن يسير لليمين، فإنّ مضاد الزوج المستحدث من لاشيء (المضاد للالكترون) سيسير لليسار وسيفنى عندما يلتقي مع الالكترون الأصلي. طبعا لا مشكلة لنا مع هذا الافتراض ما دام يحلّ معضلة فيزيائية، المشكلة تكمن في افتراض كون ذلكما الزوج المستحدث يظهر فقط وقت الحاجة له ثمّ في وقت قصير جدا يختفي بحيث لا يمكننا كشفه مخبريا. هو مثل جذر السالب 1 في الرياضيات، يحلّ لنا المشكلة دون أن نتمكن من إيجاد قيمته على الحقيقة. كل هذا يحصل بحسب زمن لا يمكن قياسه مباشرة، لأنّ قياس ذلك في حد ذاته كسر لمبدأ النسبية. يقول لورنس كراوس: "ومع ذلك، إذا كان مثل هذا المسار ممكنا في العالم الكمّي غير المرئي، إذن يجب أن توجد الجسيمات المضادة في العالم المرئي – الجسيمات المتطابقة مع الجسيمات المعروفة ولكن بشحنة كهربائية معاكسة (التي تظهر في معادلات هذه النظرية كما لو كانت كذلك الجسيمات تتراجع في الوقت المناسب). هذا أيضا يجعل من الممكن لأزواج الجسيمات والجسيمات المضادة أن تظهر تلقائيًا من لاشيء في فراغ الفضاء، طالما أنها تفنى في فترة زمنية وجيزة جدا تجعل من كشف وجودها اللحظي غير ممكن." (Krauss, Lawrence: 2017 p. 112).

إذن الممسك في الفرضية هو الخلاص من الممسك في الأصل. الفرضية تحتم عليك أن تفترض أن ظهور وفناء تلك الجسيمات يجب أن يكون سريعا بحيث لا يمكنك كشفها، فقط عليك أن تؤمن بها. ولضرورة الإيمان بها يقول لورنس كراوس:

"الجواب هو أنّه بينما لا يمكننا الكشف عن آثار هذه الأزواج، الجسيمات والجسيمات المضادة الافتراضية، مباشرة ، يمكننا الاستدلال بشكل غير مباشر على وجودها لأنّها

يمكن أن تؤثّر بشكل غير مباشر على خصائص أنظمة يمكننا مراقبتها." (Krauss, Lawrence: 2017 p. 112)

هناك تجربتان قادتا لعبور نفق فيزياء الكم، وهما تجربتان أساسيتان قد بني عليهما علم الفيزياء الحديثة ابتداءا من تحويلات لورنس ومرورا بالنسبيتين لآينستاين ثمّ معادلات ديراك وشرودنجر فيما يخص فيزياء الكم وعدم حتمية هايزنبرج: وهما التجربتان اللتان قادتاني للشروع في هذا البحث لأنني أعتقد بأنهما قد قرئتا بطريقة خاطئة؛ وهما: تجربة مايكلسون ومورلي بخصوص قياس تأثير الأثير على سرعة الضوء، وتجربة توماس يونج 'Thomas Young' وما تبعها من إعادات في فهم سلوك الضوء والجسيمات تحت الذرية (الالكترون) إذا سلطت على هدف يفصل بينها وبينه حاجز ذو فتحتين. أتجرأ وأقول بأنهما قرئتا بطريقة خاطئة لأنني أعتقد بأنني أقرأهما بطريقة أصوب، وبما أوتيت من القدرة على الاختصار أقول بأنّ الخطأ في قراءة تجربة مايكلسون ومورلي هو أن التجربة حاولت الكشف عن الأثير من خارج الأثير وهذا يستحيل، والخطأ في تفسير سلوك الضوء من خلال فتحتين هو تعامل المعنيين في التجربة على اعتماد الضوء إما موجة وإما جسيم، والضوء لا هو بموجة ولا هو بجسيم، بل هو عرض لتهيج من منبع (مصدر). وجدت أن أقرب مثال يمكن أن يقرب لنا مفهوم الضوء هو تشبيه فوتون الضوء بالموجة الكهرومغناطيسية الحاملة للمعلومات خلال عملية الاتصال الراديوي. فالموجة الحاملة هي الفوتون، والمعلومات يماثلها شدّة الضوء وطول موجته.

أما بخصوص تجربة الضوء، فما وجده العلماء هو أنّ الالكترون إن أطلق باتجاه الهدف مرورا بحاجز الفتحتين الصغيرتين المتقاربتين فإنّه يتصرف كموجة بحيث يبدو وكأنّه مرّ من الفتحتين في نفس الوقت، بل وكأنّه قد سلك أكثر من طريق في نفس الوقت. وكذلك يبدو الأمر وكأنّ الالكترون في زمن ما لم يمر من أي من الفتحتين وفي زمن آخر مرّ من كليهما .وإن أردت التأكد من مروره من فتحة من الفتحات بأنّ تضع عدادا يستشعر مرور الالكترون بجانب كل فتحة من الفتحات فإنّك ستجد أن جهاز استشعار واحد فقط يكتشف مرور الالكترون من الفتحة التي يراقبها في أي وقت معين، أي لا يمكن

للجهازين أن يستشعرا مرور الالكترون من الفتحتين في نفس الوقت، فالالكترون يمر من فتحة واحدة وليس من فتحيتين في نفس الوقت، لكن الفرق في هذه الحالة مع وجود جهاز الاستشعار ستجد أنّ أثر الالكترون على لوحة الهدف هو نقطتين مضيئتين أمام كل فتحة من الفتحات، فالالكترون هذه المرة تصرف كأنّه جسيم وليس كموجة، هذا يعني أنّك باستشعارك لمرور الالكترون غيرت من سلوكه من موجة إلى جسيم (Krauss, Lawrence: 2017 p. 80-86).

هناك اعتقاد شائع عند الكثيرين بأنّه لا بد من سبب لكل حدث، وهذا لا يتناطح فيه كبشان، لكن بعض الفيزيائيين يعتقدون بأنّه إن رفت فراشة بجناحيها في الصين فإنه من المحتمل أن تتسبب تبعات حركة الهواء الذي هزّه جناحا هذه الفراشة إلى إحداث اعصار في كاليفورنيا. هذا يعني فيما يعنيه فيما يخص الحتمية والقيومية أنه ربما هناك أسباب مخفية تغيب عن أجهزة قياسنا وعن معادلاتنا وتؤثر في المشاهدات التي نلاحظها. وبغياب الاسباب عن وعينا فإنّنا سنقرأ تلك الملاحظات بطريقة خاطئة.

يعتقد لابلاس بأنّنا إنْ علمنا حالة الكون الحالية فإنّ بمقدورنا عن طريق الفيزياء معرفة حالته المستقبلية. هذا يجوز عقلا إن علمنا جميع القوى المؤثرة. لكن هناك قوّة لا يمكن لنا التنبؤ بها، وهي قوّة العقل. فالعقل، عند الإنسان وعند الحيوان، قادر على إحداث قوى غير محسوبة مسبقا وهي قادرة على إحداث أسباب تؤثّر في النتائج. فالإنسان قادر على خلق الأسباب دون وجود سبب مسبق. فهو قادر على تحريك يده من حالة السكون، وهو قادر على خلق طاقة وضع جديدة لنفسه ولغيره من الأجسام، وهو قادر على تفجير قنبلة نووية تزلزل الارض. فإن كانت فراشة في الصين قد تتسبب في إعصار في كاليفورنيا، فإن عقل الإنسان قادر ليس فقط على تحريك يده، بل أيضا على زلزلة الارض والتلاعب في نتائج الأسباب المعلومة فيزيائيا.

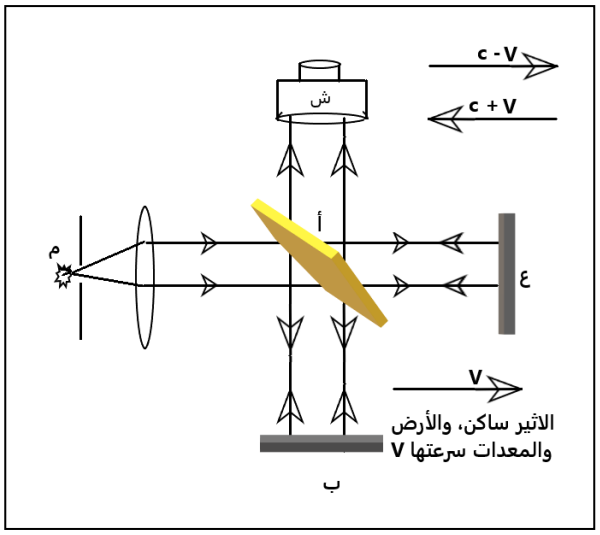
تجربة مايكلسون ومورلي:

هذه التجربة هي التي استثارت لديّ التحفيز الأول للبحث العلمي في تفسير منحنيات الزمكان بعد أن استثارني تفسير بعض الكتاب الخاطيء لمفهوم الزمكان. ومن بعد الاطلاع على هذه التجربة وتدبّر تفسير العلماء لها اطلعت على تفسيرات تجربة الفتحتين للضوء مما أدى بي إلى ابتداع علاقة الزخم التي هي أساس هذا العمل. لكن قبل أن نناقش تفسيرات العلماء لنتائج تجربة مايكلسون ومورلي، هذا وصف تلك التجربة بحسب مقرر بيركلي للفيزياء:

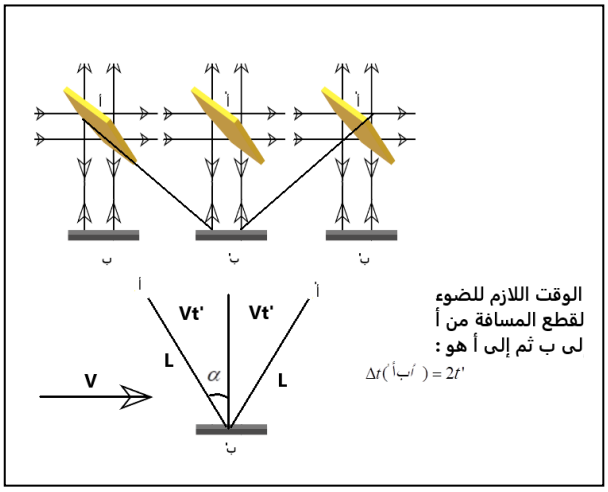
"حزمتان من موجات الضوء صادرة عن مصدر ضوئي أحادي اللون يمكن أن يتداخلا بشكل بناء أو بشكل هدام في نقطة ما، بحسب طور تلك الموجات عند تلك النقطة. طور الموجات يمكن تغييره بإخضاع قطار من تلك الموجة لتسافر ابعد من الأخرى. مايكلسون ومورلي بنيا مقياس تداخل مفصّل (interferometer) ... شعاع من الضوء من مصدر منفرد يقسم بواسطة مرآة نصف مطلية بالفضة خلال مسيره. ويتابع مقرر بيركلي وصف التجربة بكلمات الذين قاموا بها:

"دع 'م أ' (أنظر الشكل) يمثّل شعاع الضوء والذي ينعكس جزئيا في 'أ ب'، وجزئيا ينتقل إلى 'س ع'، ويعاد بواسطة المرآة 'ع' على مسار 'ب أ' و 'ع أ' وينعكس جزئيا على مسار 'أ ش'. إذا كان المساران 'أب' و 'أع' متساويان، سيتداخل الشعاعان على مسار 'أ ش'. افترض الآن، الأثير ساكن، وكل المعدات تتحرك بالاتجاه من 'م' إلى 'ع' بسرعة دوران الأرض في مدارها؛ الاتجاهات والمسافات التي قطعتها الأشعة تتغير بذلك: – الشعاع 'م أ' سينعكس على مسار 'أ ب'' (كما في الشكل)؛ سيعود على مسار 'ب ' أ''، حيث الزاوية 'أ ب' أ'' هي ضعف زاية الانحراف، أو 2α، وتذهب لشاشة العرض (التيليسكوب)، والذي اتجاهه غير متغير. الأشعة المنبعثة ستذهب على مسار 'أ ع''، ستعاد على مسار 'ع' أ'' (كما في الشكل) وستنعكس على أ'، صانعة 'ع' أ' ش'' (غير مبينة في الشكل) تساوي 90 درجة ناقص α، ولذلك ستبقى متطابقة مع الأشعة الأولى.

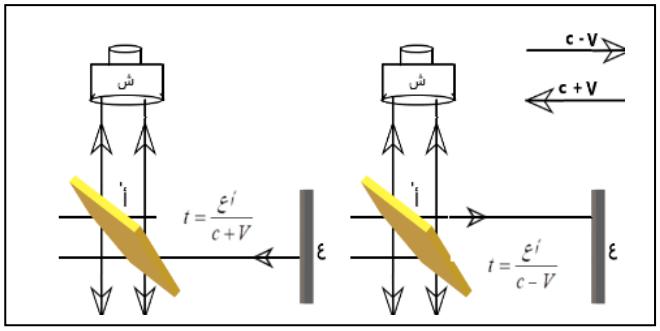
يمكن القول بأنّ الشعاعين ‘ب’ أ’’ و ‘ع’ أ’’ لا يلتقيان الآن تماما في نفس النقطة أ’، ومع أن الاختلاف سيكون من الدرجة الثانية، إلا أن ذلك لا يؤثّر في صلاحية التعليل. لننظر الآن في الاختلاف في المسارين ‘أ ب’ أ’’ و ‘أ ع’ أ’’.



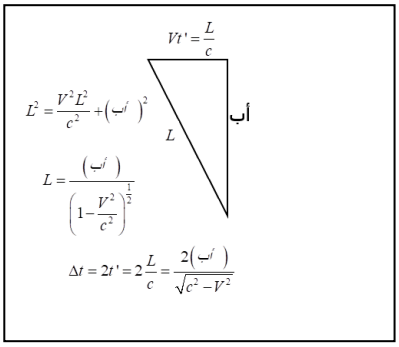
شكل 1: تجربة مايكلسون ومورلي تتكون من مصدر ضوء (م)، ومرآه بنصف طلاء فضي (أ)، ومرآتان عاكستان (ع) و (ب)، وجهاز استقبال (ش)؟



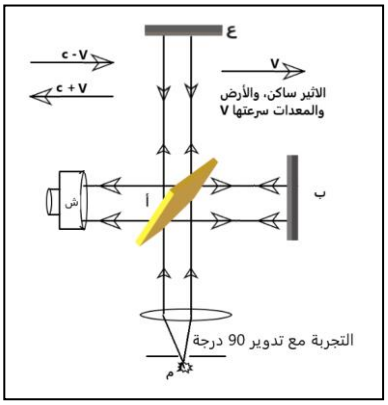
شكل 2: باعتماد سكون الأثير وحركة بيئة التجربة. تكون المسافة التي قطعها شعاع الضوء من أ إلى ب ثمّ عودة إلى أ (أ في موقعها الجديد) هو ضعف حاصل ضرب السرعة في الزمن.



شكل 3: زمن الذهاب من أ الى ع' ثمّ إلى أ 'هو: $\Delta t(\text{أ' ع}) = \frac{\text{أ' ع}}{c-V} + \frac{\text{أ' ع}}{c+V}$



شكل 4: الزمن والمسافة التي يقطعها الضوء



شكل 5: تدوير وجهة تجهيزات التجربة 90 درجة. وذلك لكشف التداخل نتيجة لتأثير سرعة بيئة التجربة بالنسبة للأثير. لم يتم ملاحظة أي اختلاف.

دع:

c : سرعة الضوء

V : سرعة الأرض في مدارها.

D : المسافة بين ‘أ ب’ أو ‘أ ع’.

T : الوقت اللازم للضوء لقطع المسافة من أ إلى ع’

T' : الوقت اللازم للضوء لقطع المسافة من ع’ إلى أ’

عندها:

$$T = \frac{D}{c-V} \quad T' = \frac{D}{c+V}$$

الوقت الكلي للذهاب والإياب هو

$$T + T' = 2D\frac{c}{c^2 - V^2}$$

والمسافة القطوعة في هذا الوقت هي:

$$2D\frac{c^2}{c^2 - V^2} \approx 2D\left(1 + \frac{V^2}{c^2}\right)$$

باهمال الحدود ذات الدرجة الرابعة. طول المسار الآخر سيكون:

$$2D\sqrt{1 + \frac{V^2}{c^2}}$$

أو بنفس الدرجة من الدقة:

$$2D\left(1+\frac{V^2}{2c^2}\right)$$

وبذلك يكون الفرق:

$$D\frac{V^2}{c^2}$$

إذا ما تم الآن تدوير كل المعدات 90 درجة. سيكون الفرق في الاتجاه المعاكس، لذلك ستكون ازاحة هامش التداخل تساوي $2D\frac{V^2}{c^2}$ **. آخذين بعين الاعتبار فقط سرعة دوران الأرض في مدارها، وهذا سيكون** $2D\times10^{-8}$ **. إذا كان، كما هو الحال في التجربة الأولى،** $D=2\times10^6$ **موجات من الضوء الأصفر، فإنّ الإزاحة المتوقعة ستكون: 0.04 من مقدار المسافة بين هوامش أو حدود التداخل.**

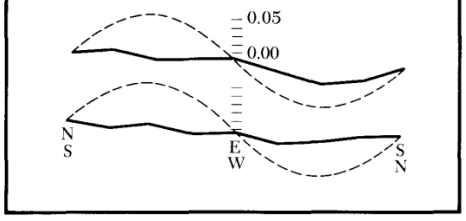
في التجربة الأولى كان من أهم الصعوبات التي واجهت تنفيذ التجربة كان تدوير المعدات دون انتاج أي تشويش؛ وصعوبة ثانية كان حساسيتها المفرطة للرجرجات. كان هذا من العظمة بحيث جعل من المستحيل رؤية حدود التداخل ما عدا فترات قصيرة عندما كنا نعمل في المدينة، حتى عند الساعة الثانية صباحا. أخيرا، كما تم التعليق من قبل، الكمية التي علينا مراقبتها، تحديدا، ازاحة بمقدار يقل عن جزء من عشرين جزء من المسافة بين هوامش التداخل ربما كانت صغيرة جدا ليتم ملاحظتها عندما تتقنع بأخطاء التجربة.

الصعوبة التي ذُكرت أولا تم تخطيها (في التجربة الثانية) بواسطة تركيب المعدات على صخرة كبيرة تعوم على بركة من الزئبق. والصعوبة الثانية بواسطة زيادة، بواسطة تكرار الانعكاس، مسار الضوء بما يعادل عشرة أضعاف قيمته الأولى.

... آخذين بعين الاعتبار حركة الأرض في مدارها فقط، هذه الإزاحة يجب أن تكون:

$$2D\frac{V^2}{c^2} = 2D\times10^{-8}$$

المسافة D كانت تقريبا 11 مترا، أو 2×10^7 طول موجة من الضوء الأصفر. لذلك فإنّ الازاحة المتوقعة هي هامش قيمته 0.4 [إذا كانت الأرض تسافر عبر الأثير]. الإزاحة الحقيقية كانت أقل من جزء من عشرين جزء من هذه القيمة، وربما أقل من جزء من أربعين جزء من هذه القيمة (أنظر الشكل). لكن بما أنّ الإزاحة تتناسب مع مربع السرعة، السرعة النسبية للأرض والأثير ربما أقل من سدس سرعة دوران الأرض في مدارها، وبالتأكيد أقل من الربع. (Berkley Physics Course: Mechanics (Volume 1, Second edition pp. 312-316



النتائج الملاحظة تم التعبير عنها صوريا (في الشكل). المنحنى العلوي للملاحظات وقت الظهيرة، والسفلي لملاحظات المساء. المنحنيات المتقطعة تمثل ثمن الإزاحة النظرية. يبدو مناسبا أن نستنتج من الشكل أنه إن كان هناك أية إزاحة نتيجة حركة الأرض والأثير المضيء، وهذا لا يمكن ان يكون أكثر من 0.01 من المسافة بين الهوامش. المحور العمودي يمثل إزاحة الهوامش؛ والمحور الأفقي يعود لوجهة مقياس التداخل بالاستناد لخط اتجاه شرق- غرب.

Berkley Physics Course: Mechanics Volume 1, Second edition p. 316

شكل 6: النتائج الملاحظة تم التعبير عنها صوريا (في الشكل). المنحنى العلوي للملاحظات وقت الظهيرة، والسفلي لملاحظات المساء. المنحنيات المتقطعة تمثل ثمن الإزاحة النظرية. يبدو مناسبا أن نستنتج من الشكل أنه إن كان هناك أية إزاحة نتيجة حركة الأرض والأثير المضيء، وهذا لا يمكن ان

يكون أكثر من 0.01 من المسافة بين الهوامش. المحور العمودي يمثّل إزاحة الهوامش؛ والمحور الأفقي يعود لوجهة مقياس التداخل بالاستناد لخط اتجاه شرق- غرب.

ما لفت انتباهي في هذه التجربة وأثار استغرابي هو غياب العنصر الأكثر وضوحا في التجربة عن بال المفسرين لهذه التجربة. ولكنني يجب أن آخذ موقفا حذرا عند إبداء رأيي، فأنا منذ أن اطلعت على تلك التجربة ورأيت أنها هي السبب الأساس في النظرية النسبية لآينشتاين وأنا في صراع مع نفسي، كيف يكون الأمر بهذه السهولة ويغيب عن بال هؤلاء العلماء أكثر شيء وضوحا في التجربة! لا بدّ أنني أنا الخطأ في فهمي لهذه التجربة. ولكنني ما زلت غير قادر على قبول استنتاجاتهم! خاصة أنها تتنافى مع أمر شديد الوضوح! مع نهاية نقاشي لهذه التجربة وما يجول في خاطري من عدم صوابية تفسيراتها ستتضح الصورة أكثر.

هناك ضبابية يمكن استشعارها في رأي العلماء بخصوص محتويات الفضاء، أو ماهيّة الأثير، فمنهم من يزعم أنّه فراغ (Vacuum)، فإنْ كان مقصودهم بالفراغ هو عدم وجود أي مادّة بالمطلق، فهذا مستحيل لأنّ المعنى الحقيقي لعدم وجود مادّة بالمطلق تعني العدم، والعدم شيء غير موجود ولا يمكن تصوره، وقد بينا أن وجود العدم سيؤدي إلى انهيار الكون مدعما بقوانين نيوتن. لذلك فإنّك عندما تحاول إفراغ وعاء من الهواء فإنّ جدرانه تنكمش باتجاه الداخل وتتولد قوّة مقدارها يتعاظم طرديا مع مقدار الهواء المستفرغ حتى تصل إلى نقطة لا يمكنك التقدم معها وإنْ نجحت في إفراغ كامل الهواء فإنّ الوعاء سينطبق على نفسه وتكون قوّة التحام ذرّاته في تناسب عكسي مع مقدار الهواء الباقي. أي أنّ:

$$\square \propto \frac{1}{ح}$$

حيث ق هي القوة و ح هي الحجم وربما نستعيض عن الحجم بالمسافة، لكنني أفضل استخدام الحجم لأننا بصدد الحديث عن المادّة، والمادّة من ميزاتها أنها تشغل حيزا أي أنّ

لها حجم وليس بعدا واحدا فقط. فعندما يكون الحجم صفرا تكون القوة الفيزيائية غير منتهية، وهذا معنى حقيقي لمفهوم المالانهاية. فلا يوجد قوّة فيزيائية قادرة على فصل ذرتين عن بعضهما دون إدخال شيء آخر بينهما. وهذا تذكير لنا بمبدأ قد يبدو مناف للمنطق، وهو: كلما صغر الشيء كبرت قوته! أليس هذا مناف لقانون نيوتن الذي يقول بأنّ القوة هي حاصل ضرب الكتلة في التسارع؟ فكيف إن صغرت الكتلة كبرت القوة!

إزالة البهمة واللبس يكون بالتفريق بين قوتين: الأولى قوّة الشيء على غيره، أي القوة الصادرة عنه، وهو ما يمثله قانون نيوتن، فهنا كلما صغر الشيء قلت قوته إلى أن نصل إلى حد معين ليس باستطاعتنا معه وبعده التعامل مع الكلتة. عند تلك اللحظة تظهر لنا القوة الثانية وهي قوّة الشيء في داخله، فكلما صغر الشيء كبرت قوته، أو كبرت قوّة ممانعته. وذلك لأنّ القوة عندها ستتحول إلى حجم أو حيّز للطاقة ولا وجود للكتلة هناك. ولذلك كانت القنبلة النووية هي أشد فتكا من القنابل الأخرى، وكذلك كانت القوى النووية القوية في النواة هي أكبر القوى. عند هذه الحالة تصبح القوة الداخلة معاندة لقانون نيوتن وتخضع لقانون آينشتاين للطاقة فتكون القوة هي طاقة أكبر من مجرد حاصل ضرب الكتلة في التسارع، بل تصبح حاصل ضرب الكلتة في مربع سرعة الضوء على الزمن.

وهذا يمكن لنا التوصل إليه عن طريق تدبر القوى الطبيعية الأربعة: الجاذبية والكهرومغناطيسية والنووية الصغرى والكبرى. ويعتقد أن الجاذبية هي الأضعف من بينها ولكنها هي التي تحكم الكون في صورته الكبرى- أو هكذا يخيل لنا. ويعتقد أنّه لولاها لما وجد الكون على ما هو عليه ولولا ضعفها لما تمكنت مكونات الكون من الحركة ولما تمكنا نحن من نقل الأشياء من مكان لآخر. وهذا العمل يعطي دليلا رياضيا على أنّه لا يوجد قوّة منفصلة للجاذبية، وما يعتقد أنّه قوّة الجاذبية هو في الحقيقة قوّة كهرومغناطيسية، وذلك عندما نكتشف أنّ ثابت الجاذبية هو في الحقيقة صيغة أخرى لقانون كولومب. بينما القوى الأخرى تعمل على الجسيمات تحت الذرية وهي في نطاق غير مادي ولذلك كانت الكبرى منها ضرورية لأنّ تكون كبرى بحيث لا يمكن فسخها

والصغرى ضرورية لأنّ تكون صغرى حتى تتمكن الجسيمات تحت الذرية من الافلات والارتباط مجددا

وبمزيد من التدبّر لتفريغ المادّة من حيّز معين فإنّنا سنجد أن القوة الطبيعية الناتجة عن فتق الرتق هي في الواقع تعمل على تفريغ المادّة من مركز فتق الرتق. كل التوسع الناتج عن فتق الرتق أو ما يعرّفه الفيزيائيون على أنّه "الانفجار العظيم" يعمل على الابتعاد عن مركز الفتق في كل الاتجاهات. هذا يعني أنّ ذلك المركز يمكن لنا أن نراه من خلال ثلاث وجهات نظر:

الأولى أنه هو مركز القوة التي تعمل على توسيع الكون، فمنه انطلقت تلك القوة؛

والثانية معاكسة تماما فهو النقطة التي يقع عليها تأثير الشد والتوتر الناتج عن ابتعاد المادّة في جميع الاتجاهات – وهذا بمثابة القوى التي تعمل على تفريغ تلك البؤرة شديدة التناهي في الصغر من المادّة؛

ووجهة النظر الثالثة هي أن تلك النقطة المتناهية في الصغر هي في الحقيقة في حالة استقرار واتزان ولا تعاني من أية ضغوط أو تأثير قوّة لا شد ولا ضغط. فهي لو كانت تعاني من الشد فإنها ستنزاح للجهة الأكثر شدا وعدم انحرافها لجهة يعني اتزانها واتزانها يعني تعادل الشد من جميع الأطراف وهذا يعني الاستقرار.

بينما وجهة النظر القائلة بتعرضها لقوى تفريغ للمادّة ناتج عن ابتعاد محتويات الكون عنها في كل اتجاه، واستمرار الابتعاد يعني أنّ تلك النقطة هي أصل تلك المادّة وأن المركز أو البؤرة هي مصدر كل تلك المادّة وهذا يعني أنّه كلما كان الكون في اتساع فإنّ تلك النقطة تتعرض لسحب محتوياتها للخارج أي أنّها تتعرض لشدّ وتوتر ناتج عن ذلك السحب والتوسع. بينما وجة النظر الأولى التي تقول بأنّ ذلك المركز هو مصدر القوة الدافعة للكون وذلك لأنّه لو لم تكن هي مصدر القوة الطاردة فلن يتوسع الكون مبتعدا عنها في جميع الاتجاهات.

هذا يعني فيما يعنيه الآتي:

مركز الكون هو النقطة الوحيدة التي يمكن اعتبارها متفرّدة طرد، وهي في نفس الوقت المتفردة الوحيدة التي يمكن اعتبارها متفردة جذب وهي في نفس الوقت المتفردة الوحيدة التي يمكن اعتبارها متفردة استقرار واتزان ولا يمكن أن يوجد في الكون متفردة أخرى لها نفس المواصفات. كل الاحداثيات الكونية التي تحيط بتلك المتفردة لا يمكن لها أن تشكل متفردة من أي نوع: لا طاردة ولا جاذبة ولا مستقرّة.

فخذ مثلا مراكز الثقوب السوداء والتي يعتبرها العلماء متفردات. فإن كانت متفردات جذب فإنّ ذلك يعني أنّها تسحب الكون من حولها نحو مركزها، وهذا غير وارد، وإن كانت متفردات طرد فهي تنثر المادّة بعيدا عن مركزها وهذا أيضا غير وارد، وإن كانت متفردات استقرار فهذا يعني انّها لا تبتعد عن مركز الفتق وهذا أيضا غير سليم فكل مجرات الكون التي يحتمل أن يكون فيها ثقوب سوداء هي في ابتعاد مستمر عن مركز الفتق. ولا يمكن لمركز أي ثقب أسود أن يشكل متفردة للكون وذلك لسبب بسيط وهو عجزه عن دفع أو سحب كامل الكون من حوله. فوجود مادّة في الجهة المقابلة له من الكون دليل على عدم تفرده بقوى قادرة على سحب أو دفع كامل مادّة الكون. فلو كان لأي ثقب أسود تلك القدرة لما أمكن وجود مادّة بعيدة عنه في الجهة المقابلة من الكون متأثرة بقوة الفتق مبتعدة عن مركز الكون، فحتى يشكّل أي ثقب أسود متفرّدة للكون من حوله فعليه أن يكون: أولا: متعرضا لقوى سحب/ طرد من جميع الكون من حوله، وثانيا: قادرا على سحب/ دفع كامل الكون من حوله وثالثا: أن يكون هو ذاته غير متأثر بقوى أخرى، أي أنّ يكون غير متأثر بمنحنيات زمكان نظام آخر – ليس له منحنى زمكان بل هو الذي كان من المفترض أن يكون قد شكل منحنيات زمكان الكون من حوله. وعندما يكون معامل منحنيات الزمكان غير ذي تأثير، أو الأصوب فيزيائيا أن نقول: عندما يكون معامل منحنيات الزمكان محايدا (مثل الواحد لعملية الضرب والصفر لعملية الجمع)؛ فإنّ ذلك يعني أنّنا في مركز محور الحركة الدورانية، هناك في المركز يبقى كل شيء ساكنا فيما يخص الحركة حول محوره. بينما إن كان المركز نفسه متحركا بالنسبة

لمحور حركة أخرى فإنّ ذلك ينفي أن يكون هذا المركز متفرّدة عالمية، ويبقى احتمال أن يكون متفردة محليّة واردا.

لذلك فإنّ تجربة مايكلسون ومورلي التي يعزى لها إثبات ثبات سرعة الضوء لكل المشاهدين (1887) والتي بنيت على أساس عدم وجود تأثير للأثير على سرعة الضوء، فاستنتج من ذلك عدم وجود الأثير؛ هذه التجربة، من وجهة نظري، يشوبها تصور خاطيء للكرة الأرضية في الأثير.

يقول هوكنج عن تجربة مايكلسون: "وهكذا فإذا كان يفترض أنّ الضوء ينتقل بسرعة ثابتة، فلا بدّ للمرء أن يذكر ما الشيء الذي تقاس هذه السرعة الثابتة بالنسبة له. وهكذا تم اقتراح أن ثمّة مادّة تسمى "الأثير" موجودة في كل مكان، حتى في الفضاء "الخاوي". ينبغي أن تنتقل موجات الضوء من خلال الأثير مثلما تنتقل موجات الصوت من خلال الهواء، وإذن فينبغي أن تكون سرعتها منسوبة للأثير. الراصدون المختلفون، الذين يتحركون حركة منسوبة للأثير، سوف يرون الضوء آتيا باتجاههم بسرعات مختلفة، ولكن سرعة الضوء بالنسبة للأثير ستبقى ثابتة. وبالذات، فإنّه عندما تتحرك الأرض من خلال الأثير في مدارها حول الشمس، فإنّ سرعة الضوء التي تقاس في اتجاه حركة الأرض خلال الأثير (عندما نتحرك في اتجاه مصدر الضوء) ينبغي أن تكون أعلى من سرعة الضوء وهو في زاوية قائمة على تلك الحركة (عندما لا نتحرك نحو مصدر الضوء). في عام 1887 أجرى ألبرت مايكلسون (الذي أصبح فيما بعد أول أمريكي يتلقى جائزة نوبل في الفيزياء) وإدوارد مورلي تجربة ناجحة جدا في مدرسة كيس للعلم التطبيقي في كليفلند. فقد قارنا بين سرعة الضوء في اتجاه حركة الأرض وسرعته وهو في زاوية قائمة على حركة الأرض. ولدهشتهما الكبرى، وجدا أنّهما متماثلتان بالضبط!" (ستيفن هوكنج. 2016 ص 48-49)

فنتائج تجربة مايكلسون ومورلي أوحت للعلماء بأمرين:

الأول إمّا أن يكون الأثير غير موجود، وهو ما افترضوه وتابعهم لورينتز وآينشتاين وبنيا على ذلك، يقول هوكنج: "على أنّه نشرت ورقة بحث شهيرة في عام 1905 لألبرت آينشتاين، الذي كان حتى ذلك الوقت كاتبا غير معروف في مكتب سويسري للبراءات، وفيها يبيّن أنّ فكرة الأثير بأسرها غير ضرورية، بشرط أن يكون المرء على استعداد لنبذ فكرة الزمان المطلق." (ستيفن هوكنج. 2016 ص 49)

والثاني هو أنّ الأرض ساكنة في الأثير. وهذا الافتراض تنفيه تجربة برادلي وَزَوَغان النجوم (Stellar aberration).

ومن ذلك الاستنتاج بأنّ سرعة الضوء تبدو نفسها لكل المراقبين.

بينما تجاهل العلماء من نتيجة مايكلسون ومورلي افتراضا ثالثا مهما وجوهريا وهو سكون الأثير بالنسبة للأرض. أي أنّ الأثير الذي استنتجا عدم وجوده، استنتجا عدم وجوده لأنهما ومعداتهما وبيئة تجربتها خارج الأثير – فالغلاف الجوي الذي نعيش خلاله هو جزء من الأرض وليس جزءا من الأثير – فهما أجريا التجربة في الأرض واسقطا ذلك على الكون كله.

وحتى نعطي العلماء فضيلة الكفاءة وعدم الانتقاص من قدراتهم التدبّرية والعلمية، فإنّي أفترض أنهم يتوقعون وجود شيء ما (أسموه الأثير) عن طريقه فقط يمكن للضوء الانتشار والانتقال من مكان لآخر. وحتى يستقيم وجود مثل هذا المكوّن العجيب أو الوسط اللازم لانتشار الضوء فإنّ خصائص هذا الوسط يجب أن لا تتأثّر بقوانين الفيزياء التي نعهدها. افتراض الأثير كوسط بتلك المواصفات لازم لانتقال الضوء يعني أنّ هذا الوسط موجود في الكون والفضاء وأن محتويات الكون – الأرض مثالا – تعبره وهو يعبرها دون أن يتأثّر بها ودون أن تتأثّر به. إذا كان هذا هو التعريف المتفق عليه عند العلماء للأثير المفترض فعندها نتفق معهم بأنّ وسط هكذا صفاته غير موجود بحسب قوانينا الفيزيائية. أي أنّه حتى لو كان موجودا فإنّنا لن نستطيع اكتشافه لأنّ تعريف وجوده وخصائصة تنص على أنّه لا يتأثّر بالمادّة والمادّة لا تتأثّر به، فكيف سنكتشفه!

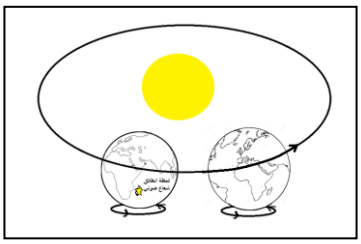
فالتجربة نظرت لسلوك الضوء داخل الغلاف الجوي الأرضي، بينما تم إيقاع النتائج على أنّها متأثرة بالأثير الذي هو من المفترض أن يكون محيطا بالأرض وبقية الكواكب. فالأشعّة الضوئية التي اطلقاها في تجاربهم انطلقت داخل الغلاف الجوي الأرضي وانعكست داخل الغلاف الجوي الأرضي، والغلاف الجوي الأرضي جزء من الأرض وليس جزءا من الأثير. وهو يسير مع الأرض وبسرعة الأرض – فهو ساكن بالنسبة للأرض – فلا يوجد منطق للبحث عن تأثير سرعة الشيء على الشيء نفسه إعاقة وتسريعا. فلا يحق لنا أن نسقط النتائج التي نتحصّل عليها داخل الغلاف الجوي الأرضي على أنّه من خصائص الأثير. والفيزيائيون يعلمون بأنّ الهواء الذي نعيش فيه له كثافات مختلفة بحسب ابتعاد الهواء عن سطح الأرض الصلب والمحيطات عموديا. فكيف نسمح لأنفسنا أن نجري تجربة داخل الهواء المحيط بسطح الأرض الصلب ثمّ نسقط النتائج على الفضاء المحيط بالكرة الأرضية وغلافها الجوّي. إن أقل احتمال فيزيائي على الأشعة هو الانكسار بتغير كثافة الوسط من الفضاء للغلاف الجوي الأرضي، فلا يعقل أن يكون تأثير اختلاف الكثافات على الأشعة مهملا في تجربة فيزيائية تبحث في مجال دقيق كتجربة مايكلسون ومورلي في الكشف عن التغيّر الدقيق في سرعة الضوء.

إنني أكاد لا أصدق من بساطة الفكرة في رفض نتائج تجربة مايكلسون ومورلي، الهذا الحدّ غابت هذه القضية الظاهرة الوضوح عن بال علماء العالم أجمع! ألا يعلمون أن غلاف الأرض له تركيبة معينة لو انعدمت أو اختلّت لانعدمت الحياة عنه: مكوناته (الأكسجين أهمها)، وضغطه الجوي: فالضغط الجوي على سطح البحر أكبر منه عن قمة الجبال الشاهقة وهذا لا بدّ وأن يعني أنّ هناك نقطة يكون الضغط الجوي فيها صفرا وهي الحدّ الفاصل بين الأثير وغلاف الأرض الجوي، وكثافته وقلة مرونته فهو يتشكل كيفما شئنا كل في محيطه، ولو أنتجنا غازا أقل كثافة فإنّه ينفلت منّا للأعلى. لو كان هذا كله من ضمن الأثير لوجب أن يكون هناك مسار للأرض على شكل نفق عجيب يصعب تخيّله بحيث تكون محتوياته تتشكل مباشرة مع دخول الأرض فيه بحيث يكون الأكسجين أقرب ما يكون لسطح الأرض الصلب، وأقول بأنّه نفق عجيب لأنّه يستحيل تشكيل نفق بحيث

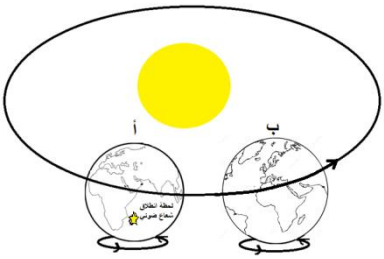
يعطينا مكونات متدفقة ومنفصلة في حيزات كروية حول الأرض في نفس الوقت. فإنّ افترضنا وجود نفق وسطه الاكسجين فهذا يعني أنّ هناك حيّز في مكان ما حول الأرض كله من سطح الأرض إلى نهاية الغلاف الجوي كله أكسجين (في الحقيقة إلى مالانهاية داخل الأثير وهو ما يمثّل خط مسير الأرض وليس لنهاية الغلاف الجوي فحسب). والأرض تسبح في الأثير وكلما قطعت منه جزءا لا تعود إليه البتّة لأنها تدور حول الشمس والشمس تجري في الأثير بسرعة 200كم في الثانية في خط لولبي حول المجرة مبتعدة عن مركز فتق الرتق بحسب منحنيات زمكان المجرة، أي عندما تدور الأرض حول الشمس دورة كاملة فإنها في نهاية الدورة لا تكون في نفس مكانها عند ابتداء الدورة بالنسبة للأثير وبقية الكون، بل هي في كل ثانية في مكان جديد لا تعود إليه أبدا.

وافتراضات تجربة مايكلسون ومورلي إن أخذت على حالتها تلك تضع دقّة معادلات لورنس ونظرية آينشتاين النسبية موضع الشك. فإما أن تكون تجربة مايكلسون ومورلي غير مقبولة، أو أن تكون معادلات النظرية النسبية غير صحيحة. فتجربة مايكلسون ومورلي تفترض أن الغلاف الجوي هو جزء من الأثير، وبما أنّه لم يتبيّن أنّ هناك أي تأثير إزاحي أو تأخيري للأشعة التي اطلقاها وأعادا رصدها فإنهما افترضا أنّ الأثير شيء موهوم، لا وجود له لأنّه لا تأثير له. بينما نعلم أن الغلاف الجوي يتكون من مواد غازية كثافاتها مختلفة بحسب اختلاف بعدها عن سطح الأرض الصلب عموديا، وهذا يعني أنّ هذا الغلاف الجوي يدور مع دوران الأرض الصلبة فهو جزء منها ولا يمكن لنا أن نتصور أنّ الأرض الصلبة والسائلة تدور داخل الغلاف الجوي وأن الهواء المحيط بالكرة الصلبة/ السائلة ثابت لا يدور. ولو كان الحال كذلك لكان هناك تيار هوائي دائم بسرعة 30كم في الثانية مما سيولد قوّة دفع للأبنية وكل ما يرتفع عن الأرض أو يطير خلال الجو، ولكان مجرد الارتفاع عن الأرض سينقلك للخلف بسرعة 30 كيلومتر في الثانية، بل إن مسيرك في اتجاه دوران الأرض كان سيعرضك للتيار الهوائي مما سيعيق حركتك، وسيرك باتجاه معاكس لاتجاه دوران الأرض كان سيؤيدك بتيار هوائي بسرعة 30 كيلومتر في الثانية. فمن الطبيعي أنّ يتم التعامل مع الغلاف الجوي للأرض على أنّه جزء من

الأرض مثله مثل الجبال والتراب والمحيطات – لذلك يتم اعتبار تفسير نتائج تجربة مايكلسون ومورلي غير مقبولة – وبذلك تبقى معادلات النظرية النسبية صحيحة في توضيح فهمنا للحركة والسرعة لأنّ هذه المعادلات يبدو وضوحها في الأساس بالتعامل مع السرعات العالية ومنها سرعة الضوء، بل إنّ التصور الحقيقي والفهم الصحيح للنسبية يتأتى بالتعامل مع أحداث الأرض الضوئية من خلال الفضاء. فكل شعاع ضوئي ينطلق من الأرض باتجاه الفضاء لا يسير بخط مستقيم كما يتصور المرء للوهلة الأولى؛ بل بسبب دوران الأرض فإنّ المراقب للأرض من الفضاء سيرى خط مسير الشعاع الضوئي على أنّه منحنى وذلك ليس لأنّ الضوء لا يسير في خط مستقيم، بل لأنّ الوسط الذي يسير فيه الشعاع الضوئي يدور حول محوره ويدور حول الشمس.



شكل 7: الأرض في مدارها حول الشمس وحول نفسها



في شكل 2، إذا انطلق شعاع ضوئي من مقديشو باتجاه الفضاء فإنّ الناظر إليه من الفضاء لن يراه على شكل رأس مضيء، بل سيرى خط مسير الشعاع بمقدار ازاحة تحددها سرعة دوران الأرض حول نفسها وسرعة دوران الأرض حول الشمس. وهذه الازاحة ستقل كلما صعد الشعاع إلى الفضاء إلى أن ينفلت من الغلاف الجوي فينكسر في الأثير ويسر بخط مستقيم – في الحقيقة هو لن يسير بخط مستقيم بل سيلتزم بمنحنيات زمكان

الكون المحيط بالأرض ويتبع مسار تلك المنحنيات. فلو كان الغلاف الجوي للأرض لا يدور مع الأرض لما كان هناك إزاحة في الشعاع ولانطلق الشعاع باتجاه المراقب من بعيد بخط مستقيم دون إزاحة – في هذه الحالة لن نلاحظ تأثر الشعاع بمنحنيات زمكان الكون المحيط بالأرض لأنّ نقطة الانطلاق والهدف تقعان داخل نفس منحنيات الزمكان، فلن يلاحظ تأثيرها. هذه الإزاحة هي في الحقيقة البعد الرابع، هي البعد الناتج عن الحركة والذي يحمل في طياته الزمن ولا يمكن لنا فهمه وتصوره إلا بمرور الزمن مع الاحتفاظ بصورة ذهنية لخطوط الزمكان.

القوة والحجم

قلنا بأنّ العدم شيء مستحيل عقلا، وهو أيضا مستحيل فيزيائيا، لنتبين ذلك.

إذا أخذنا في الحسبان أي حيّز ما في الفراغ الكوني، وليكن على شكل كروي حتى يتناسب وأبعاد الكون الذي نعتقده. فإنّ تفريغ هذه الكرة من المادّة يعني قطعا التغلب على جميع القوى التي تحافظ على وجود تلك المادّة في ذلك الحيّز وما يحافظ على المادّة في حيّزها. ولمعرفة القوى الكامنة في ذلك الحيّز، فهي كل ما يجعل الطاريء منها غير موجود. أي أنّ المادّة التي في حالة اتزان هي بالتأكيد تحمل في اتزانها كل الطاقات التي ستنتج عند تفريغها، وهذه الطاقات هي طاقات سالبة كامنة نحتاج لما يوازيها أو يزيد عنها حتى نتمكن من فصلها عن مكانها. وهذه الطاقات والقوى الفيزيائية المعروفة هي:

1- قوّة الجاذبية فيما بين مادّة الحيّز وما يحيط به من مادّة تمثّل مادّة الكون ككل. وبالرغم من أنّنا وجدنا أنّ ثابت الجاذبية يحتوي على قانون كولومب إلا أنّنا ما زلنا نعتبر أنّ هناك قوّة جاذبية، وهذه العلاقة نعلمها من من قوانين نيوتن لتكون:

$$F = G\frac{Mm}{R^2}$$

2- في حالة ما قبل التفريغ، وبما أنّ الكون في حركة دائمة، هناك حفظ للطاقة الحركية وطاقة الوضع للمادّة داخل الحيّز، وبما أنّ سلوك تلك المادّة عند تفريغها إن تركت

حرّة التصرف فإنّها ستعود لتملأ حيّزها السابق تلقائيا فهذا يعني أمران: الأول أنّ تفريغها أكسبها طاقة وضع جديدة ولنفترضها موجبة؛ والثاني هو أن حيّزها الذي تركته أصبح ذو طاقة معاكسة، أي سالبة، لأنك بإلغاء التدخل الخارجي ستعود تلك الطاقة الموجبة لتتحد مع الطاقة السالبة وتتعادل ولن تذهب لمكان آخر غير حيّزها الذي كانت فيه. وبافتراض أنّ كتلة تلك المادّة المتمركزة في مركز الكرة فإنّ طاقة الوضع بالنسبة لها هي مقدار الطاقة التي تكتسبها بنقل المادّة من مركز الكرة إلى حافة الكرة. وهذا يعني أنّ هناك طاقة وضع سالبة تحافظ على المادّة في موضعها وتمنعها من ترك حيّزها، سالبة لأنّ اتجاهها نحو المركز. أي أنّ قانون حفظ الطاقة للحيّز يتمثّل في مجموع طاقتي الحركة والوضع، إن افترضنا حركة الحيّز تكون طاقة الحركة موجبة، هذا يعني أنّ:

$$E = KE - PE$$

حيث E: الطاقة الكلية، KE: طاقة الحركة، و PE: طاقة الوضع. وبما أن المادّة في حالة اتزان في حيّزها، أي أنّ مكانها بالنسبة لمحيطها غير متغيّر، أو يتغيّر بتغيّر محيطها بحيث تحافظ على مجمل الطاقة بصورة دورية مثل دوران الأرض حول الشمس، فإنّ وجود المادّة في المكان الذي هي فيه يفترض حتما أنّ طاقتها متعادلة، هذا يعني أنّ طاقة حركتها تساوي طاقة وضعها ومجموعهما صفر: $KE = PE$

$$\frac{1}{2}mV^2 = \frac{mMG}{R} \square$$

ونحن نعلم الآن فيزيائيا أنّ الكون في حركة مستمرة. وهذا أيضا يعني أنّه إن سكنت المادّة المتحركة في وضع متوازن فإنها ستخرج عن اتزانها ونتيجة لذلك ستخرج عن موضعها نتيجة طاقة الوضع السالبة الكامنة، وهذا مما يمنع سكونها.

وهذا يعني أيضا أنّ مقدار الشغل اللازم بذله من أجل سحب المادّة من مكانها يجب أن يساوي أو يزيد عن مقدار الطاقة الكامنة لكن في الاتجاه المعاكس لها، أي مقدار طاقة الوضع الكامنة وهو ما يساوي مقدار الطاقة الحركية. إذن الشغل اللازم يساوي:

$$W = -\frac{mMG}{R}$$

وكذلك فإنّ الشغل الصافي على كتلة المادّة المفرغة هو الفرق بين طاقة حركتها مباشرة قبل البدء بالتفريغ وطاقة حركتها مباشرة بعد الانتهاء من التفريغ. وبعد الانتهاء من التفريغ تكون كتلتها صفر أي أنّ طاقة حركة الحيّز بعد التفريغ هي صفر، وعليه يكون الشغل الصافي لتفريغ الكتلة هو بقدر طاقة حركتها مباشرة قبل البدء بالتفريغ:

$$W = KE_f - KE_i$$

$$W = 0 - KE_i = -\frac{1}{2}mv^2$$

3- في حالة الاتزان أيضا وباعتماد معايير الفيزياء الكلاسيكية بشقيها النيوتونية والنسبية، لا يوجد هناك قوى كهرومغناطيسية، وسنفترض أنّ فصل المادّة عن المادّة المجاورة لها لن يكون له أي تأثير كهرومغناطيسي. وهذا الافتراض سيتبيّن لنا من خلال هذا العمل أنه ليس صوابا فهذا الافتراض يتجاوز المنطق كما سيتبيّن لنا خلال هذا العمل، لأنّ مفهوم فصل المادّة عن المادّة وتفريغ الحيّز من المادّة أكثر استحالة من فتق النواة وأصعب وسيلة. وذلك لأنّ المادّة ستبقى متوفرة لنا خلال عملية التفريغ حتى نصل إلى حد معين نكون فيها قد أفرغنا ما نعتقد بأنّه معظم المادّة، لكن سيبقى هناك في المستوى الأخير من التفريغ شيء ليس مادّة كما نعهدها بل حيّز صغير يحتوي الطاقة التي في حالة استقرارها كموميا تشكل المادّة. هذه الحيزات لن يكون بمقدورنا تفريغها، لأنها هي الحيّز نفسه فكيف ستفرغ الحيّز من الحيّز! عندها سنحتاج إلى قوّة تعادل قوّة فتق الرتق من أجل تفريغ ذلك الحيّز من الحيّز، أي من الوجود. فكلما كبر مقدار المادّة المفرغة كبرت القوة الضرورية

لتفريغ المزيد، أي كلما قلّت كتلة الشيء في الحيّز الثابت كلما كبرت القوة اللازمة للتأثير فيه.

بعبارة أخرى نحن نستطيع تمزيق المادّة عن المادّة، أي فصل الجزيئات عن بعضها البعض، لكننا عندها نكون قد أدخلنا مادّة فيما بين الجزأين المفصولين. لكن عند تفريغ المادّة من الحيّز نحن نحاول فصل الذرّة عن الذرّة دون وجود شيء يحتل الحيّز فيما بين الذرتين المفصولتين. ثمّ إن نجحنا عن فصل الذرّة عن الذرّة سنأتي إلى مرحلة فصل محتويات الذرّة، أي الوصول إلى الطاقة الكامنة، لذلك هذا يستحيل ماديا. هذا ممكن في عالم الطاقة، لكن إن تابعنا الممكن، وهو فصل الذرّات كموميا بفصل طاقاتها عن بعضها البعض فإنّنا أمام معضلة، وهي: أننا بحاجة لقوة قادرة على كسر رابطة الحيّز فيما بين الذرّات. وهذه القوة أكبر من قوّة ترابط الجزيئات فيما بينها. لذلك فإنّنا إن استطعنا أن نوفّر قوّة كافية فإنّنا لن نصل إلى الطاقة لأنّ جدار الغرفة التي نفرغ منها المادّة سينهار، وانهيار الجدار معناه انفصال جزيئاته عن بعضها البعض. فالقوة اللازمة لفصل الجزيئات عن بعضها البعض أقل من القوة اللازمة لفصل مكونات الذرّة عن بعضها البعض. لذلك كان الانتقال من حيّز المادّة إلى حيّز الطاقة مستحيلا باستخدام القوى الفيزيائية التي تتعامل مع المادّة، نحن بحاجة عندها لتوفير قوى فيزيائية عابرة للمادّة لتتعامل مع الطاقة مباشرة.

لكن دعنا نترك هذا الإشكال لباب آخر حيث سيتبين معنا هناك مفهوم الحيّز والمادّة والطاقة الكمومية بشكل أفضل وبعلاقات رياضية. ودعنا نمضي قدما في هذا الباب متابعين مباديء الفيزياء النيوتونية معتمدين لافتراضنا بأنّه لا يوجد هناك تأثيرات كهرومغناطيسية كمومية في عملية تفريغ المادّة!

الآن نستطيع استيعاب حالة التوازن فيزيائيا قبل تفريغ المادّة من الحيّز، ولنعتبر أن الحيّز هو كرة مقدار نصف قطرها (r). هذا يعني أنّ هذه الكرة محاطة من جميع الجهات بقوى جذب ناتجة عن كتلة الكون المحيط بها. وهذه القوى متعادلة أي أنّ مقدار الجذب لكل

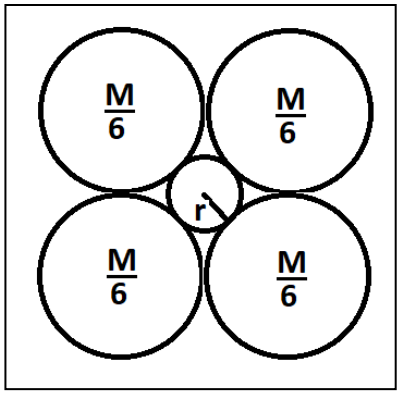
جهة يساوي ويعاكس في الاتجاه لمقدار الجذب في الاتجاه المعاكس. والاتجاهات غير متناهية ولكن للتبسيط دعنا فقط نعتمد ستة اتجاهات.

الآن افترض أنّنا نجحنا في تفريغ هذه الكرة تماما من المادّة، فلا يوجد لها كتلة، وأصبحت قوى الجذب هذه كل منها يحاول سحب هذه الكرة الفارغة إلى حيّزها بحيث تتعادل الطاقة وتعود لحالة الاتزان. وجود هذا الفراغ سيخلق قوى جذب من جميع جهاته، لأنّه سيعتبر هو المسافة الفاصلة بين كتلتين، وبحسب قانون نيوتن للجاذبية فإنّه لا بدّ من وجود قوى جذب للكتل على كل طرفين متقابلية من ذلك الحيّز. لكن هذه القوى هي ناتجة عن نفس الكتلة ولكن باتجاهات متعاكسة، أي أنّ كتلة الكون كلها تعمل على جذب نفسها في اتجاهات متعاكسة. مما يعني احتمالان: الأول هو أن تنفرط عرى الاتصال فيما بين أجزاء مادّة الكون في أضعف نقطة، وهي الجهة المقابلة للحيّز المفرغ من المادّة، وهذا بحاجة لقوة أكثر بقليل من قوّة الجذب الناتجة عن تفريغ المادّة في الجهة المقابلة. وهذا الجزء الأكثر بقليل من قوّة الجذب لا مصدر له فلن يتحقق.

الاحتمال الثاني الأكثر قبولا فيزيائيا هو أن ينكمش الكون على حيّز الكرة المفرغة. فنتخيل أن حجم الكون قد نقص بمقدار حجم الكرة المفرغة من المادّة. هذا يعني فيزيائيا أن كل جهة من الجهات المحيطة بالكرة في الأبعاد الثلاثة ستسحب الجهة المقابلة لها بمقدار نصف قطر الكرة. وهذا يعني انتاج قوى تصادم في مركز الكرة المفرغة مقدار كل منها

$F = \frac{M^2 G}{36R^2}$ وذلك لأنّ مقدار كتلة الكون ستكون مقسمة على ستة جهات بالتساوي (باعتبار الحالة الافتراضية فيزيائيا بوجود ثلاثة أبعاد)، وكل من هذه الاجزاء تعمل على جلب الجزء المقابل لها لتسحبها بمقدار نصف قطر الكرة المفرغة. أي أنّ مقدار القوة هو $F = \frac{M}{6}a$ حيث (a) هي التسارع وذلك لأننا نفترض عملية سحب، أي انتقال للكتلة على مسافة، أي أنّ الكتلة خلال مسيرها تخلق قوّة دفع.

إذن: $F = \frac{M^2 G}{36R^2} = \frac{M}{6}a \Leftarrow a = \frac{MG}{6R^2}$ والشغل الناتج سيكون: $W_{after} = \frac{M^2 G}{36r}$ وهذا أكبر بكثير من الشغل الناتج عن تفريغ المادّة من حيّز الكرة والذي كان مقداره: $W_{before} = -\frac{mMG}{R}$ حتى وإن اعتبرنا الأخير موجبا وليس سالبا.



شكل 8: انهيار الكون

لاحظ أن معادلة الشغل بعد التفريغ تتعاظم لأنّ مقامها أصغر بكثير من مقام معادلة الشغل قبل التفريغ، ثمّ مقدار مربع سدس كتلة الكون ($\frac{M^2}{36}$) أكبر بكثير من مقدار كتلة الكون مضروبة في مقدار صغير (m). هذا يعني أنّ الشغل الناتج بعد التفريغ أكبر بكثير من الشغل اللازم للتفريغ.

هكذا نرى أن النتائج الفيزيائية لما بعد التفريغ لا تتناسب والنتائج الفيزيائية لما قبل التفريغ. هذا يعني أنّ الكون سيرتطم ببعضه البعض بقوة كبيرة وبتسارع كبير وسينتج عن ذلك شغل كبير معناه الفراغي هو تحطم الكون.

لذلك فإنّنا نستطيع التعبير عن علاقة القوة بالحجم من خلال الصيغة الآتية:

ق = $\frac{ث}{ح}$، حيث ق: القوة، وح: الحجم، و ث: ثابت العلاقة بين القوة والحجم، ووحدته هي: $\frac{kgm^4}{s^2}$

لاحظ أن هذه العلاقة تكون مفهومة أكثر إن اعتمدنا تجانس مادّة الحجم.

ووحدة هذا الثابت تدلّنا على أنّه يكافيء وحدة حاصل ضرب المسافة في المتانة في مربع السرعة

$$ث = م ف س^2$$

إذن:

$$ق = \frac{م ف س^2}{ح}$$

حيث: ق: القوة؛ م: المتانة (الكتلة في المسافة)؛ ف: المسافة؛ س: السرعة؛ و ح: الحجم.

أي أن حاصل ضرب القوة في الحجم الذي ينتجها = مقدار متانة الجسم في المسافة التي يقطعها في مربع سرعته.

ومتانة الجسم مقتبسة من عملية حساب مركز كتلته والتي يمكن لنا ان نكافئها بحاصل ضرب كتلته في نصف قطر حجمه

نظرا لصعوبة التعامل مع برنامج تحرير المعادلات باستخدام الأحرف العربية، حيث عندما يكون في المعادلة أكثر من حرف فإنها تلتقط ببعضها البعض والحيلة عندها تكون بتغيير حجم كل حرف عن الآخر فتظهر الحروف غير متناسقة وإن كثرت ازداد التنافر

بين أحجامها، لذلك فإنني سألجأ لاستعمال الأحرف الانجليزية، للاسف لم استطع الوصول إلى برنامج تحرير معادلات يستخدم الأحرف العربية.

$$F = \frac{مdv^2}{V}$$

جيث F : القوة، $م$: المتانة، d : المسافة المقطوعة، v : السرعة، و V : الحجم.

وإذا حذفنا بعد المسافة من المتانة مع بعد من أبعاد الحجم فإنّ القوة عندها ستصبح:

$$F = \frac{mdv^2}{A}$$

حيث m : الكتلة، A : المساحة.

وبالجوء لقانون نيوتن الثاني نستطيع التعبير عن التسارع بدلالة المسافة والسرعة والمساحة:

$$ma = \frac{mdv^2}{A}$$

$$a = \frac{dv^2}{A}$$

أي أن التسارع هو حاصل ضرب المسافة المقطوعة في مربع السرعة مقسوما على مساحة المقطع العمودي على اتجاه الحركة من الجسم المتحرك.

تلازمية الضعف والقوة

الفيزيائي المتدبّر يلاحظ أنّ هناك تلازما وثيقا بين القوة والضعف في الخصائص الفيزيائة للأشياء. هناك أشياء يكون تمييز التلازم فيها واضحا وسهلا فمثلا: كلما كبر الحجم قلت الكثافة في حال ثبات كمية المادّة؛ كلما كان طول القضيب المعدني أكبر كلما سهل

انحناؤه. لكن هناك تلازمات مستترة؛ فكلما صغر الشيء يفترض أنّه يسهل السيطرة عليه أو تدميره، لكن هذا ليس صوابا. فكما أنّه كلما كبر الشيء كبرت قوته من منظور نيوتن، وهذا تلازم واضح، نجد أنه كلما صغر الشيء كبرت قوّة ممانعته، وهذا تلازم مستتر في أشياء وواضح في أشياء. فهو واضح في أنابيب تدفق السوائل مثلا فكلما صغر قطر الانبوب كبرت ممانعته، ولكنه مستتر في المادّة، فكلما كان حجم المادّة كبيرا كلما سهل تكسير جزء منها لكن هناك جسيمات تحت ذرية لا يوجد قوّة قادرة على الوصول إليها. بل إن محاولة تحرير بعض الجسيمات يولد طاقة عالية جدا.

شكل الذرّة

من المفيد اعتماد تصور ما عن شكل الذرّات وخصائصها، لأنّ ذلك سيساعدنا كثيرا في تحويل فلسفة مفاهيمنا إلى معادلات رياضية. تصور شكل الذرّات يساعدنا كثيرا في فهم عملها وتفسير الظواهر الناتجة عن التأثير في المادّة ومن ثمّ تحويل ذلك إلى معادلات رياضية.

تطرقنا في باب القوة والحجم إلى أنه من المستحيل تفريغ أي حيّز في الكون من المادّة تفريغا كاملا، وقد بيّنا أنّ ذلك يستحيل فيزيائيا لأنّ ذلك معناه تدمير الكون. لكن هناك مختبرات قامت بتفريغ غرفة كاملة من الهواء، تقريبا تفريغا كاملا ما عدى سوى قليل جدا من المادّة (المعلق يذكر بأنّها 2 غم من الهواء فقط بقي في الغرفة) ناسا فعلت ذلك في كليفلاند أوهايو، ثمّ أجرت تجربة اسقاط شيء ثقيل من المعدن وريشات نعامة فوصلا الأرض في نفس الوقت، بل إنّ الريش ارتطم بالارض قبل المعدن وذلك لأنّ الريشات كانت أطول من المعدن. فكيف نقول بأنه لا يمكن تفريغ حيّز من المادّة.

لاحظ أنني قلت يستحيل تفريغ حيّز من المادّة تفريغا كاملا. فإن بقي هناك 1 نانوجرام من المادّة فهذا ليس تفريغا كاملا. لكن ماذا يحصل للمادّة المستمسكة بذلك الحيّز؟

ما يحصل شيء نلمسه عيانا وفيزيائيا، وآخر نلمسه عقلا: فالأول هو ظهور قوّة شد تؤثر في جميع محيط الحيّز الخاضع للتفريغ من المادّة، فينكمش على نفسه إلا إذا صمّم ليتحمل قوى خارقة، ومع ذلك فكلمّا ازادت كمية المادّة المفرغة كلمّا ازدادت تلك القوة المؤثّرة على المحيط باتجاه المركز إلى درجة أنها بقرب مقدار المادّة المتبقية من الصفر تقترب تلك القوة من المالانهاية. هذا نلمسه عيانا وفيزيائيا، أما ما نلمسه عقلا هو أن تلك القوة ناتجة ليس فقط عن ضغط العالم الخارجي على الحيّز المفرغ من المادّة، بل هو أيضا ناتج عن المادّة التي في داخل ذلك الحيّز. ذرّات تلك المادّة تم مطّها بحيث أصبحت تحتل كامل مكان جيرانها الذين أجبروا على النزوح. فالمادّة تعاند قوّة التفريغ عن طريق التصاقها بجدار الغرفة. ومطّها يؤدي بأنّ تقوم هي بنفسها بجذب المحيط من حولها لأنّها ستولّد قوّة

مضادة لقوة السحب. فالأولى فيزيائيا إذن أن نقول بأنّ الحيّز لا يفنى ولا يستحدث، وليس المادّة لا تفنى ولا تستحدث، لأنّ المادّة تملأ الحيز. ولأنّ المادّة اثبت العلم أنّها تفنى وتستحدث، وظهور الكون بعد فتق الرتق هو استحداث للمادّة، وتحول المادّة إلى طاقة بحسب قانون آينشتاين هو فناء للمادّة. لكن الحيّز لا يفنى ولا يستحدث.

من التدبّر السابق نستخلص بأنّ الذرّات مطاطية في ترابطها. أي أنّ حجمها يمكن أن يكبر ولا دليل على أنه يمكن أن يصغر عن مقدار معين.

الظاهرة الفيزيائية الثانية التي تساعدنا في فهم خصائص وشكل الذرّات هو كون المادّة الساخنة تحتل حيزا أكبر من الحيّز الذي تحتله نفس المادّة الباردة. هذا يعني أنّنا إن فرّغنا قليلا من الهواء من غرفة التفريغ ثمّ سخّنّاها بالقدر الكافي فهل ستختفي القوة الناتجة عن التفريغ؟ الجواب: لا بدّ وأن يكون ذلك حاصلا.

إذن التسخين يؤدي بالذرّات من أن تتوسع في حجمها. وهذا دليل آخر على مطاطية تركيب الذرّات.

الظاهرة الفيزيائية الثالثة التي تسعفنا في تصور شكل وخصائص الذرّات هو ظاهرة تمزق المادّة. فسلك التنجستون مثلا إن مرّ فيه تيار عالي فوق قدرته على التحمل فإنّه سينقطع. لماذا انقطع؟ وما الذي جرى قبل وخلال وبعد الانقطاع لذرّات السلك؟

مرور تيار كهربائي في ذرّات السلك سيؤدي بتسخين تلك الذرّات، هذا التسخين – الذي في أصله ناتج عن الحركة – سيقوم بزيادة حجم تلك الذرّات إلى القدر الذي تكون تلك الذرّات قادرة على تحمل ذلك التسخين، التيار الزائد يعني حرارة أكثر ويعني حجم أكبر، ومن الطبيعي أنّ قوّة تماسك مكونات الذرّة نفسها كبيرة جدا بحيث لا يؤثّر فيها التسخين إلى درجة التمزيق. مع استمرار التسخين تصبح قوّة تماسك الجزيئات – أو الذرّات المكونة للجزيئات – فيما بينها أقل من القوة المعاندة لاتساع الحجم، عند تلك النقطة تنفصل عرى التواصل بين الذرّات وليس ما بين مكونات الذرّة نفسها، فتنكسر

الرابطة بين الذرّات ويدخل الهواء بينها. فانقطاع السلك يكون انفصال ذرّات عن بعضها البعض، بحيث يحصل الانفصال عند حدود الجزيئات المشكلة للمادّة المنقطعة.

إذن هذا دليل على أنّ الذرّات ليس فقط مطاطية ولكنها أيضا مستقلة. هي وحدة البناء للمادّة.

المبدأ الرابع في تصور شكل الذرّات عقلي. وهو مستخلص من مبدأ التماثل التام. فلا يوجد سبب لأنّ يكون للذرة وهي على حالة استقرار حُرّ شكل غير متماثل تماثلا تامّا. لأنّ عدم التماثل يعني عدم الاستقرار. وأكثر شكل هندسي تماثلا هو الكرة. فكل نقطة على سطح الكرة هي نفسها في التماثل بالنسبة للمركز، والمركز هو نفس النقطة بالنسبة لكل نقطة على سطح الكرة.

لكن تصور الذرّات على أنها كرات سيعني وجود فراغ فيما بين الذرّات، لأنّنا نعلم بأنّ تجميع ست كرات في مكعب لا يملأ جميع حيّز ذلك المكعب. ولا يجوز لأنّ يكون هناك فراغ غير مملوء في أي حيّز في الكون، فالحيز هو الذي لا يفنى ولا يستحدث، وكل حيّز يجب أن يحتوي شيئا ما. لذلك وجب أن تكون الذرّات نفسها قادرة على ملء ذلك الفراغ.

من هذه الظواهر نستخلص أن أنسب تصور لشكل الذرّة هو أنها كرة مطاطية؛ كرة للتماثل ومطاطية بحيث تستطيع ملء جميع الحيّز وأيضا تستجيب للتسخين وتقاوم التفريغ بزيادة حجمها وبانمطاطها. وكونها مطاطية يعني أنها في حالة الاستقرار لا بدّ وأن تكون متماثلة مثلها مثل بقية ما حولها، وعند التهييج تفقد بعضا من ذلك التماثل لحظيا ثمّ تعود لوضعها السابق.

الضوء عرض

قد يتساءل المرء كيف لنا أن نحكم أنّ الضوء يتأثّر بحركة الأرض حول محوري الدوران. وللإجابة عن هذا التساؤل المشروع وجب علينا أنْ نذكّر بأنّ الضوء عبارة عن طاقة، والطاقة لا يوجد لها كتلة وليست جوهر بل هي عرض تنتقل خلال وسائط، وهي وحدة بناء المادّة التي تقاس بالكتلة، أي أنّ الطاقة عندما تكون بخصائص معينة هي وحدة بناء الكتلة. ووجوب أن تكون الطاقة بخصائص معينة لتشكل لَبِنات بناء الكتلة هو من أجل تفريق حالاتها عندما لا تكن تشكل لَبِنات بناء الكتلة.فالطاقة الناتجة عن القوة – الشغل مثلا – لا تشكل لَبِنات بناء الكتلة، بينما عندما تكون طاقة كهرومغناطيسية بمواصفات خاصة عندها تشكل لَبِنات بناء الكتلة. والضوء مثله مثل الحرارة واللون، فالطاقة والضوء والحرارة واللون أشياء نراها ونتحسّس وجودها ولا نستطيع وزنها لأنّها ليست جوهرا، أي ليست مادّة يمكن التعامل معها من خلال قوانين الفيزياء المتعلقة بالمادّة، بل هي بحاجة لقوانين خاصة بها. بينما لها خصائص فيزيائية أخرى يمكن لنا التعامل معها وقياسها، مثل الشدّة وطول الموجة. وهذه الخصائص هي التي تخلق عدم فهم كيف هي عرض ولها أبعاد.

الضوء لا يحمل طاقة لأنّه هو نفسه طاقة، الضوء يُحمل (بضم الياء)، الضوء هو طاقة تهيج أحد مكونات الذرّة، وهو ما يفترضه الفيزيائيون الفوتون، وهذا الفوتون ليس جسيم ينتقل من ذرّة لأخرى ولكنه هو نفسه طاقة تكتسب من الكترون الذرّة السابقة إلى الالكترون الموجود في الذرّة التي تليها على صورة تعارف عليها الفيزيائيون على أنّها الفوتون. والكم الأكبر من تلك الطاقة يفلتها ذلك الفوتون في نفس اتجاه سيرانها، ولكنه أيضا يفلت جزءا منها لكل فوتون محاذي له من ذرّة مجاورة له. لذلك يتشتّت الضوء وتقل شدّته كلما تقدمنا في المسافة، هذا يعني أنّ الطاقة تتوزّع مما يدعونا للتأمل في أنّ الطاقة تفنى، ولكن فنائها يمكن لنا قياسة رياضيا ويستحيل التحقق من فنائه فيزيائيا بسبب سرعته الفائقة والزمن اللازم لفنائه. أي أنك إن أطلقت طاقة ضوئية على شكل

فوتون واحد فإنك بحاجة لأنّ تسافر ملايين السنين الضوئية حتى تلحق به في المكان الذي يفنى فيه، وهذا غير متحقق فيزيائيا.

أعلم بأنّ جزءا من الفقرتين السابقتين يتعارض مع ما هو متفق عليه عند الفيزيائيين. فهم يعتبرون الضوء فوتون ينتقل من مكان لآخر بالرغم من أنّ نظرية الكهرومغناطيسية تعتبر أن كتلة السكون للفوتون تساوي صفرا، إلا أنّ الفيزيائيين يعتبرون وجود كتلة للفوتون في حالة السكون. محسوبة لتساوي:

$$10^{-54} \text{ كغم} = 10^{-25} \times 5.610 \times (\text{MeV}) \times C^{-2}$$

وهذه الكتلة محسوبة رياضيا. لكن، وبغض النظر عن هذه القيمة، فإنّ هناك أكثر من سؤال يمكن أن يستثار عن آلية وطريقة قياس الفوتون الساكن خاصة أننا نعرّف الفوتون على أنه ضوء، والضوء يسير بسرعة الضوء، فلا يوجد ضوء ساكن. هكذا نصطدم بأول تناقض في تعريف الكتلة الساكنة للفوتون! الفوتون بطبيعته وبتعريفه مناف للسكون، لا يمكن أن نكتشفه ساكنا. إذن العلماء لا يستطيعون فعليا ومخبريا قياس كتلة ساكنة لشيء متحرك إلا باللجوء إلى الأثر الذي يحدثه الفوتون في مساره. لذلك يمكن للفيزيائي أن يقيس مقدار التنوء في جدار الذرّة، إن كان لها جدار مرئي، أو مقدار القوة التي يؤثّر بها على الجسيمات الذرية الأخرى مثل الالكترونات وبقية محتويات النواة مما لا يمكن الجزم النهائي بنوعياتها وأعدادها بحسب العلم الحالي. وهذا ليس مجال نقاشنا ولا يمكن لي أن استقصيه لأنني لا أملك الامكانيات التي تثبت أو تنفي لا النوعية ولا الأعداد إلا بالعلم الذي أطلعنا الله عليه في قوله تعالى: ﴿ وَمِن كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ﴾ [الذاريات: 49] فهذا يعني أنّ الأشياء يجب أن تكون بزوجية، وهذه الزوجية هي ما يحوم حوله علماء الفيزياء بما يصفونه مضاد المادّة (البوزيترون مضاد الالكترون، ومضاد البروتون مضاد للبروتون ومضاد النيوترون مضاد للنيوترون ... الخ) وتلخيصا مضاد المادّة مضاد للمادّة! أما فيما يتعلق بعلاقة الضوء والكتلة فإنّنا سنوضح في هذا العمل الفلسفة القائلة بأنّ الضوء لا علاقة له بالكتلة البتّة، الضوء لا يتعامل مع الكتلة ولا

يراها، ولذلك يصحّ أن يقال بأنّ الفوتون لا كتلة له. والفوتون اسم مجازي لشيء غير مادي وهذا الشيء لا يوجد في حالة السكون.

ولكن بمراجعة طبيعة الأكوان الناتجة عن فتق الرتق فمن السهل أن نتنبأ بأنّ هذه الأكوان في حركة مستمرة. وهذا يعني أنّه لا يوجد كتلة ساكنة. الساكن بالنسبة لنا هو ساكن فقط عندما تتساوى سرعته مع سرعتنا وتكون إحداثيات مرجعيته هي نفس احداثيات مرجعيتنا. وفي هذه الحالة سنبقى نحن وهو متحركون ولنا طاقة حركية تعمل ونكتسب أو نخسر في كل زمن جديد طاقة وضع جديدة أو تغيّر في طاقة وضعنا (مقارنة بمركز الرتق المفتوق). لذلك فلا يحق لأي باحث فيزيائي أن يعتبر مفهوم كتلة السكون، لأنّه لا يوجد سكون لأي كتلة في هذا الكون. بل إنه لا توجد قوّة مادية قادرة على تسكين أي مقدار من الكتلة، حتى ذلك المقدار الضئيل الذي يعرف بكتلة بلانك (2.17×10^{-8} كغم) لا يمكن لأي قوّة مادية أن تُسَكِّنُها. لأنّ تسكين أي مقدار من الكتلة بحاجة لقوة توقف توسع الكون، وهذه ستكون قوّة مساوية في المقدار لقوة الفتق وباتجاه معاكس، وهذا لا يحصل إلا بقيام الساعة. أما رياضيا فالرياضيون لهم مطلق الحرية في تسكين أي شيء، لأنّ ذلك يبقى تجريديا، والتجريد محرّم على الفيزيائيين، الفيزياء عدوّها اللدود هو التجريد. فلا يوجد قانون فيزيائي تجريدي، كل قانون يجب أن يفسّر طبيعة كونية تؤيّدها التجربة، وهذه هي المتاهة التي يقبع بها باحثوا فيزياء الكم المعاصرون، عدم قدرتهم على الخروج من التجريد إلى الواقع. والقول بكتلة سكون للفوتون هو قول رياضي تجريدي لا يقبل به.

والجانب الآخر هو أنّ قولي بأنّ الطاقة ليس لها كتلة بينما بحسب قانون آينشتاين الشهير يقول بأنّ الطاقة هي الكتلة في مربع سرعة الضوء. وما يجب تذكّره هنا هو أنه حتى وإن كان قانون آينشتاين صائبا، فإنّ الطاقة عرض ناتج عن تحول في المادّة، ولا كتله لها. الأمر شبيه بقولنا أن مقدار ضربة محمد علي كلاي هي كذا كيلوغرام، فالضربة ليست كتلة، لكنها عرض للتسارع ولذلك استطعنا تقييمها بمثقال. والطاقة عرض للكتلة المسرعة التي تتسارع إلى درجة تختفي فيها الكتلة وتصبح طاقة، والضوء عرض للتهيج. فالفوتون هو

مكيال للطاقة، أي هو وعاء تخيلي، هو مقدار الطاقة التي يتهيّج بها الالكترون حتى يطلق لنا ضوءا مرئيا أو غير مرئي مثل أشعة إكس، ولا يطلق الإلكترون الطاقة على شكل كتلة منتقلة من مكان لآخر، فكيف للكتلة أن تخترق الزجاج مثلا دون أن تكسره من جهة وكيف للضوء أن ينتقل من فراغ مزعوم إلى داخل الزجاج دون أن يكون هو نفسه عرض وأن الفراغ ما هو إلا مادّة ناقلة للضوء.

الإقرار بأنّ الكتلة طاقة – بحسب قانون آينشتاين – يدعونا لأنّ نقرّ أيضا بأنّ الكتلة مقدار فيزيائي متغير، وليس مقدارا ثابتا. فأنت عندما تبذل جهدا عضليا فإنّك تحول مقدارا من كتلتك إلى طاقة، وبذلك تكون كتلتك بعد الجهد أقل من كتلتك قبله. هذا يعني أيضا أنّ قوانين نيوتن للحركة ليست دقيقة من جهتين: الأولى هو كون الكتلة متغيرة مع الزمن في حال قيامها بإنتاج شغل وهذا التغيّر في الكتلة هو الذي يتحول إلى شغل. ومقدار هذا التغيّر يكون ضئيلا جدا – يمكن الاستدلال على مقداره من خلال علاقة آينشتاين – ولضآلته يمكن لنا تجاهله. والجهة الثانية في عدم دقة قوانين نيوتن هو أنها تفترض خلال تطبيقها أنظمة ذات قصور ذاتي، أي أنظمة غير متسارعة، أو ساكنة، وهذا في الطبيعة غير موجود. والجهة الثانية من عدم دقة قوانين نيوتن معلومة في الفيزياء، فمثلا عند تدبر قانون نيوتن الثاني يرى العلماء أن هناك قوّة وهمية أو زائفة (fictitious or pseudo force) وهي ناتجة عن تسارع دوران الأرض حول مركزها بحيث أن مقدار تلك القوة يساوي: $F = Ma = M\omega^2 R_e$ ، والتسارع الناتج عن دوران الأرض حول محورها مقداره: $a = \omega^2 R_e = \left(\frac{2\pi}{24\times 60\times 60}\right)^2 \times 6378000 = 3.4 cm/s^2$ حيث أنّ نصف قطر الأرض يساوي: 6378كم. هذه القوة يتم تجاهلها عند تطبيق قوانين نيوتن.

التهيج في طاقة الالكترون يتم استشعاره عن طريق ما يماثلها من طاقات كمومية مستقرّة في الذرّات المحيطة بذرة ذلك الالكترون المتهيج. وهذا يعني أنّ سرعة الضوء هي السرعة التي تتم بها عملية التهيج فيما بين الذرّة وما يجاورها. أي أنّه إن كان الضوء ينتقل بسرعة

299792458متر لكل ثانية فإنّ الطاقة التي تهيج الكترونات الذرّات منتجة بذلك الضوء تكون في الثانية الواحدة قادرة على تهييج كرة نصف قطرها 299792458م أي بحجم مقداره $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(299792458)^3$ متر مكعب، أي ما يقارب: 11.3×10^{25} متر مكعب. فإذا كان قطر الذرّة يساوي: 10^{-10} متر، فإنّ هذا يعني أنّ الفوتون الواحد هو مقدار الطاقة التي تنتشر في تلك الكرة من الذرّات في الثانية. فإذا كان شكل الذرّات كرويا، كما استقر عليه رأينا في باب شكل الذرّة، فإنّ حجم الذرّة هو: $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(\frac{10^{-10}}{2})^3$ متر مكعب، أي: 5.236×10^{-31} متر مكعب. هذا يعني أنّ الفوتون هو الطاقة القادرة على تهييج 2.154×10^{53} ذرّة في الثانية.

وهذا يعني أنّ سرعة الضوء هي في الحقيقة ضعف المتعارف عليه، لأنّنا إن هيجنا ذرّة مكشوفة من جهتين متعاكستين على الأقل فإنّ التهيّج سيتحرك في كلا الاتجاهين المتعاكسين بنفس السرعة، فإنّ كان تعريف السرعة هو مقدار المسافة التي يقطعها الحدث في وحدة الزمن، فإنّ المسافة التي تقطعها طاقة تهيج الكترونات ذرّة ما هي 599584916 متر في الثانية، 299792458متر في الثانية لكل اتجاه.

كما أنّه لا يفوتنا أن نسترجع أن المادّة تتمدد بازدياد درجة حرارتها. هذا يعني أنّ الوسط الناقل للضوء إن ازدادت درجة حرارته ازداد الحيّز الذي يشغله، وهذا يعني أنّ المسافة التي ينتقل خلالها الفوتون فيما بين ذرتين ساختتين أكبر من المسافة التي ينتقل بها الفوتون فيما بين نفس الذرتين وهما بدرجة حرارة أقل. وهذا يعني أنّ سرعة الضوء غير ثابتة، لكن الكشف المخبري عن مقدار تغيرها لن يكون سهلا بسبب كبر السرعة أولا وبسبب محدودية قدرتنا على التأثير في درجة حرارة الوسط الناقل للضوء على امتداد مسافات شاسعة لقياس تأثير الحرارة على السرعة، وربما يتقدم العلم بنا فنكتشف وسائلا لقياس ذلك في مختبرات مراكز البحوث المعتادة، إن لم يكونوا قد توصلوا لها بعد. ومن هنا يمكن لنا أن نتبأ بأنّ سرعة توسع الكون هي أقل من سرعة الضوء المعتادة لنا، وذلك لسببين:

أولا: لأنّ الضوء المنتشر على حافة الكون لا بدّ وأنّه سيصطدم بوسط أكثر برودة وجدا أكثر برودة من الوسط الذي انتقل خلاله في كوننا، أي أنّ محيط كوننا المتوسع أكثر برودة من الأثير الكوني فيما بين المجرات.

ثانيا: بسبب منحنيات الزمكان وبسبب كون الضوء عرض، فإنّ منحنيات الزمكان تؤثر في اتجاه سير طاقة الضوء بحسب شكل منحنيات الزمكان تلك. فآخر منحنيات زمكان على حافة الكون لا بدّ لها من أن تؤثر في اتجاه سير الضوء، فبدلا من أن يسير الضوء في اتجاه توسعي عمودي على مماس كرة التوسع، فإنه قد يسير مغادرا كرة التوسع بزاوية ما بين العمودي والصفر بحسب شكل منحنيات زمكان ذلك المكان، لأنّ مكونات منحنيات الزمكان هي التي تنقل الضوء، فالضوء عندما يصلها يكون عرض لها، تماما مثل حالة موج البحر ومياه موج البحر. لذلك يتوسع الكون لكن بمعدل أقل من سرعة الضوء بحسب زاوية افلات منحنيات الزمكان للضوء.

ومن أولا و ثانيا أعلاه نستطيع التنبؤ بعلاقة رياضية لتوسع الكون مفادها:

$$R = zct \qquad (1.1)$$

حيث R: نصف قطر الكون، c: سرعة الضوء، t: الزمن المنصرم منذ انفتاق الرتق، z: معامل زمكان الكون (الإطار الخارجي) وقيمته يجب أن تكون أقل أو تساوي 1، وذلك لأنّنا لا نعتمد سرعات أكبر من سرعة الضوء. ففي حالة أن الكون يتمدد بسرعة الضوء هذا يعني أنّ حافة الكون المتسع معامل منحنيات زمكانها يساوي 1، أي أنّ الضوء الصادر عن تلك الحافة يسير في خطوط مستقيمة، وهذا مستبعد لأنّ مكونات الكون في حالة دوران نتيجة الفتق.

وبما أنّ منحنيات الزمكان تحمل بصمة طبيعة حركة الجسم المسبب لها، فإنّ كون محتويات الكون في أكثر من حركة محورية واحدة فإنّ محتويات محيط الكون – تلك التي على حافة الكون – لا بدّ أنّها تدور أيضا بحركة حول محاور متعددة. من أبسط هذه المحاور هو أنّها

في حالة دوران حول مركز الكون بحركة حلزونية وليس دائرية. هذا يعني أنّ الضوء المنتشر من حافة الكون هو لا يسير بخط عمودي على محيط دائرة الكون ولكنه يسير بخط دائري محيط بمركز الكون وفي كل مرة يكمل فيها دورة كاملة يكون قد انزاح عن مكانة في الدورة السابقة بمقدرا قليل (قليل مقارنة بنصف قطر الكون) لذلك فإنّ توسع الكون المحكوم بمنحنيات الزمكان لا يتوسع بسرعة الضوء. وقد وجدت أن ديراك كان قد افترض أن سرعة توسع نصف قطر الكون محكوما بالوقت بحسب العلاقة (Alexander Unzicker. 2015 P. 115)، وقد عزاه الكاتب مخطئا في تقديره:

$$R(t) \sim t^{\frac{2}{3}} \qquad (2.1)$$

وبالعودة للفوتون فإنّ ما هو بيّن وواضح فيزيائيا هو أن العلماء يعتبرون كتلة الفوتون صفرا، ثمّ يأتون بمعادلات الطاقة فيقولون بأنّ الزخم هو الكتلة في السرعة: $\vec{P} = m\vec{v}$

وللفوتون المنتج للضوء عزم علاقته: $\vec{P} = m\vec{c}$ فإذا كانت الكتلة صفرا فإنّ الزخم صفر أي أنّ الطاقة صفر وذلك لأنّ الزخم والطاقة مرتبطان: $\vec{P} = \frac{E}{\vec{c}}$، وهذا لا يستقيم، لذلك جاء الفيزيائيون بمبدأ كتلة السكون غير كتلة الحركة! وهو تفسير غير منطقي، ولكن العلم يتقدم أحيانا حتى بالتفاسير غير المنطقية، وأمثلة قوانين نيوتن مقارنة بالنسبية أكبر دليل.

وإن كان لا يمكن لأي كتلة أن تكون ساكنة مطلقا، فإنّ مبدأ دي برولي 'de Broglie' لا يستقيم بالصيغة التي يعرفها الفيزيائيون وذلك لأنّه ابتدأ بهذه العلاقة على أنّ كتلة الفوتون صفر: $E = pc \Rightarrow p = \frac{E}{c} = \frac{h.f}{c} = \frac{h.c}{c.\lambda}$

$p = \frac{h}{\lambda}$ ولكن $p = mv \Leftarrow \frac{h}{mv} = \lambda$ ولاحظ أيضا أن اشتقاق دالّة موجة دي برولي اعتمد في البداية على أنّ كتلة الفوتون صفر وذلك ابتداءا من معادلة آينشتاين:

$E^2 = \left(mc^2\right)^2 + \left(pc\right)^2$ فعندما تكون الكتلة صفر يكون لدينا: $E = pc$

وأيضا عزم الفوتون 'الساكن' يساوي صفرا فنحصل على $E = mc^2$، وهذه مغالطة فيزيائية لأنّه لا يوجد فوتون ساكن، كما أن دي برولي اعتبر أن كتلة الفوتون صفرا ولذلك استطاع أن يحصل على $E = pc$ ثمّ عاد في النهاية واعتبر أن الكتلة لا تساوي صفرا عندما اعتبر أن: $P = mv$ ليصل إلى معادلة طول الموجة بدلالة الكتلة!، وحتى تتضح الصورة أكثر دعنا نصيغ معادلة آينشتاين للفوتون بتعويض مقدار الزخم بدلالة الكتلة: $E^2 = \left(mc^2\right)^2 + \left(mvc\right)^2$ لاحظ أن سرعة الفوتون هي نفس سرعة الضوء.

إذن معادلة آينشتاين للفوتون هي: $E^2 = \left(mc^2\right)^2 + \left(mc^2\right)^2$ وواضح جدا اعتمادها في شقيها على الكتلة، ونستطيع تبسيط هذه المعادلة فتصبح:

$$E^2 = m^2c^4 + m^2c^4 \Rightarrow E = mc^2\sqrt{2}$$

لذلك حتى نخرج من مستنقع صفر الكتلة فإنّ كون الضوء عرضا يحل هذه المعضلة، فالفوتون هو حيّز تهيّج وليس مكون من مكونات النواة، وهذا الحيّز يتعبأ بطاقة تنتقل من ذرّة لأخرى حسب آليه تتوافق مع طول موجات الضوء المرئي وغير المرئي. أي أنّ الضوء لا علاقة له بالكتلة. بل إنّ ما يظهر لنا من معادلة آينشتاين لا بدّ له من أن يكون تمثيلا لحقيقة فيزيائية مستترة تم الاستعاضة عنها بالكتلة.

ونستطيع تصوّر عملية الانتقال وعلاقتها بطول الموجة وشدّة الطاقة إن افترضنا أن الذرّة كروية مطاطية، كروية حتى يسهل علينا التعامل معها رياضيا، ومطاطية حتى تسمح الذرّات بالاتصاق ببعضها البعض حتى لا يكون هناك فراغات غير ممكنة في الكون.

والطاقة هي تهيج في الكترونات الذرّات. هذا التهيج يؤدي إلى نتيجتين: الأولى توسع في حجم الذرّة وهذا التوسع يترجم على شكل حجم ولكن يهمنا بالتوازي مع اهتمامنا

بتوسع الحجم هو ما يحدث على سطح ذلك التوسع، أو في حيّز ذلك التوسع، لأننا نفترض أنّ الالكترون هو سطح مدارات الذرّات، أو أنّه يسكن على سطح تلك المدارات الوهمية. فالحيّز أو المساحة التي يحتلها ذلك الالكترون ستكون مرتبطة بزمن استجابة الالكترون للتهيج لأنّ السرعة ثابتة، لأنّ تغيّر السرعة يعني تغيّر الطاقة الحركية ويعني اختلال في التوازن، فإذا كانت السرعة ثابتة تصبح المساحة التي يحتلها الالكترون على السطح المتوسع لها علاقة بزمن الانتقال أو زمن التهيج. ومن أبعاد تلك المساحة طول الموجة أي: $\lambda = tc$ فإنّ كبر الزمن هذا يعني أنّ حجم التوسع قد كبر وهذا يعني أنّ المساحة على سطح الذرّة قد ازدادت وهذا يعني أنّ المساحة المتاحة للالكترون قد كبرت وهذا يعني أنّ طول الموجة قد ازداد (أو أنّه أصبح هناك حيّز يتسع لأكثر من موجة).

لذلك علينا أن نتعامل مع الالكترون كوحدة حيّز وطاقة وليس كجسيم. والنتيجة الثانية عن التهييج هي السخونة، سخونة الحيّز الذي يمثّل طاقة الالكترون، والسخونة تؤدي إلى زيادة الحجم وبالنتيجة التوسع في حيّز الالكترون وهذا له نفس تأثير النتيجة الأولى. وربما يكون مفهوم التهيج هو السخونة نفسها.

هذه العملية فيزيائيا تعني:

1- إن كانت طاقة التهيج غير كمومية – أي أنّ مقدارها يمكن أن يغطي أي قيم بين أي مقدارين وليس كما افترضه بور من أنّ الالكترون لا يمكن أن يوجد إلا في مدارات ذات طاقة كمومية محددة – عندها ستتناسب الطاقة تناسبا طرديا مع طول الموجة، كلما اتسعت الموجة كلما زادت الطاقة التي تحملها في وحدة الزمن، أي أنّ الطاقة المنتقلة، وهي إما أن تكون مقدارا محددا، ستحتل حيزا أكبر لأنها أصبحت على سطح نصف قطر كرته أكبر من قبل، أو أنها أيضا ستتناسب مع حجم الحيّز الذي تم استحداثه نتيجة التهييج فستغطي درجات متعددة من القيم بشكل متواصل. ولكن ألوان الطيف تلمح لنا بأنّ الطاقة الناتجة عن التهيج كمومية غير متواصلة.

2- أما إن كانت الطاقة كمومية، وهذا سيعني أنّ التهيج لن نرى تأثيره مالم ينتج لنا حيزا ملموسا كموميا. أي أنّ الحيّز سيكبر نتيجة التهيج ولكنه لن ينتج لنا فوتونا ضوئيا إلا إن وصل الحيّز الناتج إلى حجم معين. بتكوين الحدّ اللازم لحيّز الفوتون يكون هذا الحيّز ممتلئا بالطاقة التي تعتمد في نوعها على الطاقة المهيجة وعلى نوع المادّة المتهيجة. وهذه الطاقة ستترجم هذه الخصائص إلى نوع الطاقة من حيث الشدة وطول الموجة والتردّد.

3- فإن كانت الطاقة كمومية وكان نوع الطاقة الناتجة (طول الموجة والتردّد والشدة) ثابتا لكل حالة تهيج على حدة سيصبح عندها مفهوم الزخم غير مرتبط بالكتلة، ولكنه سيرتبط بالحيز الذي تحوز عليه الطاقة في وحدة الزمن. فكلما كبر مقدار الطاقة الذي يحويه الحيّز سيتعاظم الزخم، وكلما كبر زمن الاتساع كبر الزخم في ذلك الاتساع. أي أنّ العلاقة بين الطاقة والمادّة هي علاقة حيّز وزمن وليس كتلة مباشرة. أي أنّ $P=Vt$ حيث V هي الحجم.

لكن هذا الحجم له علاقة وطيدة بالكتلة – الكثافة – كما له علاقة وطيدة بالطاقة، وهي علاقة طردية. فبدهيا يكون الحيّز الأكبر قادرا على احتواء طاقة أكبر. وإن صعب علينا تصور تلك العلاقة مباشرة فلا ضير في التوسط بقانون آينشتاين الذي يقول بأنّ الطاقة هي كتلة المادّة في مربع سرعة الضوء. لكننا لا نريد أن نعمي تفكيرنا وتدبّرنا بالتفكير من خلال قانون آينشتاين، جميل أن نفكر خارج الصندوق. لا بدّ من وجود علاقة مباشرة بين الحيّز والطاقة. وهذه العلاقة لا يمكن لنا تخيلها ونحن نفكر بالفيزياء المعتادة، ولا حتى بفيزياء النسبية، علينا أن نفكر بها بفيزياء الجسيمات تحت الذرية، بكموميات الطاقة. أي علينا أن نتعامل مع المادّة بالافتراض الآتي:

المادّة هي كتلة ما دمنا نتعامل مع الأحواز فوق الذرية، ولكنها طاقة متنوعة ما دمنا نتعامل مع الأحواز تحت الذرية.

والشيء المشترك بين الحالتين هي الأحواز. فهي مرة تكون كتلة ومرة تكون طاقة. ولكنها عندما تكون في حالة بين بين، أي لا طاقة ولا كتلة فإنها تكون على شكل زخم. فالحيز الزخم هو الحيّز الذي إن كان منفردا لا يشكل طاقة ولا يشكل كتلة بل هو طاقة إن أثرت فيه بعمل معين كالتهييج أو التسخين وهو كتلة إن التحم بلَبَنات طاقة أخرى ذات قطبية مغايرة.

هذا يعني أنّ كل الفيزياء الكمومية التي تتعامل مع الجسيمات تحت الذرية بمفهوم كتلتها هي فيزياء عمياء عن مفاهيمنا المعتادة، فيزياء تكتب بلغة غير اللغة التي تتكلم بها الطبيعة التي اعتدنا عليها، الطبيعة تكلمنا بلغة غير اللغة التي نكتب علاقاتها بها في قوانيننا الفيزيائية التي تصف تلك العلاقات.

وهذا يعني أيضا الافتراض الآتي:

الجسيمات تحت الذرية هي كمومات طاقة لكل كمٍّ منها حيّزها الخاص بها له خصائص فريدة تميزه عن بقية الكمومات المشاركة له في تشكيل الذرّة بما فيها النواة ومحتوياتها والالكترونات ومداراتها. وكل منها له القدرة على عبور الآخر دون التأثير فيه. أي أنّ خصائص كل كم طاقة يمكن له أن يتخاطب ويتعامل مع الكم المشابه له من الطاقة في الذرّة المجاورة دون أن يعيقه وجود كم طاقة من نوع آخر في طريقه.

4- التعامل مع الجسيمات تحت الذرية كطاقة يعني أنّ كل ما هو متعارف عليه من جسيمات تحت ذرية (الالكترون، النيوترون، البروتون، النيوترينو، البوزيترون، ... الخ) هي تغيرات في المجالين الكهرومغناطسي نتيجة حركة شحنات كهربائية في حيّز فراغي. هذا يعني أنّنا نستطيع التعامل مع الالكترون نفسه ليس شحنة سالبة فقط، بل هو كزوج كهربائي من شحنتين سالبة وموجبة بتنظيم يجعل الهيمنة فيها للشحنة السالبة إذا أخذنا كامل الحيّز بعين الاعتبار. وهما في حركة مستمرة بحيث ينتجان تغيرا في المجالين الكهربائي والمغناطيسي. نستطيع تخيّل ذلك كالأرض والقمر. وجود القمر ضروري لوجود الأرض ولكن الأرض هي المسيطرة، لذلك فالذي يسكن في

مجرة غير مجرتنا فإنه سيعتبر القمر جزءا من الأرض، كما سيعتبر الأرض جزءا من الشمس. أو يمكن لنا أيضا أنْ نعتبر أنّ الشحنة السالبة للالكترون سالبيتها تُظهر موجبية ما حولها تلقائيا، فحركة الشحنة السالبة عندها يمكن الاستعاضة عنه بحركة المحيط الموجب، وهذا أمر متعارف عليه الكترونيا بحركة أو تيار الفراغات الموجبة. كما يمكن لنا أن نقيس طاقات كمومية داخل حيّز الالكترون بحيث تكون شحنتها إما متعادلة إن كانت نافذة قياسنا تشمل مقطعا متماثلا من المجال الكهرومغناطيسي، أو أن تكون شحنة موجبة إن كانت نافذة قياسنا مقتصرة على الحيّز المشغول بالجزء الموجب (أو العلوي) من المجال الكهرومغناطيسي، أو أن نقيس شحنة سالبة إن كانت نافذة قياسنا تشمل الجزء السالب فقط من حيّز طاقة الالكترون أو الجزء السفلي منه.

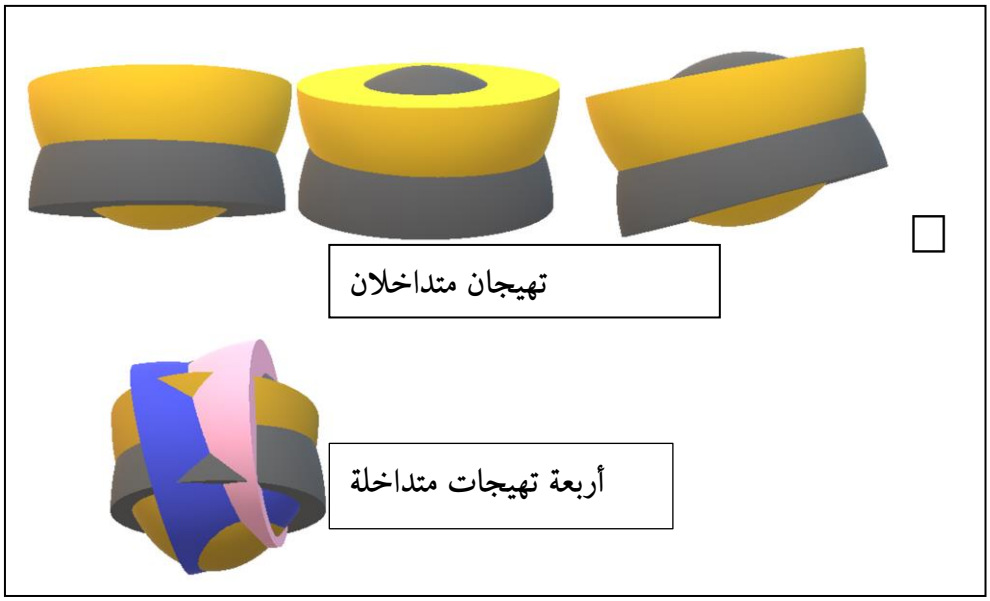
وبذلك فإنّ جميع الجسيمات تحت الذرية هي تشكيلات مختلفة من الطاقة اختلافها يكمن في قطبيتها وقيمتها وطول موجتها، بعبارة أخرى: في حيّزها وقطبيتها. ولذلك فإنّه من الممكن التأثير في هذه الجسيمات بضغطها (بضربها بطاقة فتقسمها إلى أجزاء) أو بمطّها (بتهييجها بزيادة حركتها أو بتسخينها وهو أصل الحرارة والضوء) بحيث يتحول الجسيم منها إلى جسيم آخر أو إلى جسيمات أخرى. فالنيوترون إذا ضربته بطاقة ينتج لنا البيون والميزون ثمّ الالكترون والنيوترينو، والالكترون إذا هيجته ينتج لنا الفوتون، وهو طاقة ضئيلة غير محسوسة لنا ولكنها قادرة على تحريك الكون من حول ذلك الالكترون منتجة لنا بذلك الضوء. وكذلك إذا علمنا أنّ هذه الطاقات هي فقط أحواز فراغية بخصائص معينة – موجات كهرومغناطيسية وقطبية وطول موجي واتساع – فإنّ طريقتنا في اكتشافها وقياسها قد يكون هو سبب المشكلة في عدم فهمها وتعدّد أعيانها. فإن كانت طاقة الفوتون متماثلة فلربما اجهزتنا قاست تلك الطاقة من منتصفها وليس من بدايتها، فتكون بذلك اعتبرتها بوزيترون أو إلكترون. وكذلك إن صدف أن قاست اجهزتنا طاقة الالكترون ابتداءا من منتصفها فإنها ستعتبر الالكترون بيون أو ميون، ... الخ. وهكذا احتمالات واردة الحدوث لأننا نتكلم عن: أولا طاقات صغيرة جدا بقطبية مختلفة؛ وثانيا

سرعات هائلة جدا؛ وثالثا فترات ظهور صغيرة جدا .... كل ذلك بأبعاد بلانكوية. وعندما اذكر نافذة القياس فهذا يعني أنّ الطاقة الخاضعة للقياس هي نتيجة تشرذم من الطاقة المستهدفة بالقذف. فطاقة الاصطدام التي تتسبب في فصل ذلك الجزء المقيس من الطاقة هي التي تحدد مقدار وقطبية وخصائص الطاقة المنفصلة وهو ما أقصده بنافذة القياس.

5- هذه الخصائص لأحواز الطاقة الكمومية هي التي بناءا عليها يتم التعامل مع تلك الطاقات. فكما أن المعادن تنجذب للمغناطيس ولا ينجذب الخشب، فإنّ قطبية طاقة الالكترون هي التي تحدّد نوع الطاقة التي يستجيب لها الالكترون فيما يتعلق بالانضغاط والفناء أو التهيج. والبروتون لا يستجيب للطاقة التي يستجيب لها الالكترون. وكذلك النيوترون لا يستجيب لتأثيرات الطاقة التي يتأثر بها البروتون، وهلم جرّا لبقية الأحواز تحت الذرية. كما أن شدّة المجال الكهرومغناطيسي هي التي تحدّد طاقة الفوتون، وزمن التهيج هو الذي يلعب دورا في اتساع الموجة وطولها. هذا يعني أنّ طاقة التأثير في البروتون تمر من خلال حيّز طاقة الالكترون دون ممانعة ودون أن يعلم الالكترون أن هناك طاقة مرت من خلاله. وهذا يفسر لنا ازدواجية اتجاه التأثر بالطاقة المنتجة للضوء، ازدواجية الاتجاه تعني قدرة الوسط الناقل على نقل الطاقة في اتجاهين متعاكسين في نفس الوقت. فالذرة قادرة على تمرير طاقتين للضوء في جهتين متعاكستين وفي نفس الوقت دون أن تعيق إحداهما الأخرى. وهكذا نفهم قدرة طاقة ضئيلة جدا مثل طاقة الفوتون أن تدفع الكون من حولها، لأنّها لا ترى أمامها سوى الطاقات المتماثلة لخصائصها، وكل ما سوى ذلك هو بالنسبة لها عدم، أي عديم الأثر. لذلك لا يوجد تضارب في نقل الصورة من مكان لآخر ومن ذلك الآخر للأول ومن كل منهما إلى محيط كل منهما وإلى محيط الآخر دون أن تعيق عملية نقل الصورة من مكان لآخر أي من عمليات نقل الصور الأخرى من أي مكان لأي مكان. وهذا هو مأخذنا على تجربة يونج واستخلاصه بأنّ الضوء ينهي الضوء بافتراض قمة وقاع لموجات الضوء ينهي بعضها بعضا، فلو

كان الضوء ينهي بعضه بعضا لوجدنا من حولنا بقعا معتمة دون وجود جوهر يتسبب في تلك البقع كظل له.

هذا يعني أنّ حيّز الذرّة الكمومي له خصائص عجيبة إذا ما اعتبرنا مفهوم المادّة المحسوس. فهذا الحيّز قادر على الاتساع على حساب أحواز الذرّات المجاورة في نفس الوقت الذي تكون فيه أحواز تلك الذرّات المجاورة تتسع فيه نفسه. فهو في نفس الوقت يسيطر على حيّز في جاره وجاره يسيطر على حيّز من حيّزه دون مشكلة.



شكل 9: تصور تداخل التهيجات لذرّات متجاورة لنقل الضوء

تداخل الأحواز هذا لا يمكن أن يكون ماديّا، بل ذلك يكون فقط ممكنا في أحواز الطاقة. وأقرب مثال يقرّب لنا هذا المفهوم هو عبور طاقة الضوء للمجالات الكهرومغناطيسية وكأنها غير موجودة. وذلك لكون الضوء عرض، فهو ينتقل خلال المادّة وما يظهر لنا على أنه تأثّر للضوء بالمجال الكهرومغناطيسي هو في الحقيقة تأثّر المادّة الناقلة بالمجال المغناطيسي وليس تأثّر طاقة الضوء نفسها. فطاقة الضوء هي نفسها طاقة كهرومغناطيسية فكيف لها أن تتأثّر بنفسها. ولا نرى تغيّرا يطرأ على المجالين الكهربائي ولا المغناطيسي

خلال تسليط الضوء عليهما أو تركهما دون ضوء. فطاقة الضوء الكهرومغناطيسية عابرة للمجال الكهرومغناطيسي نفسه.

فالمادّة الملموسة ليست عائقا أمام الطاقة الكمومية، الطاقة الكمومية لا ترى المادّة، هي نفسها تشكل اللبنات الأساسية للمادّة، ونستطيع مقارنة الطاقة والكتلة للمادّة بمثال الروح والجسد للانسان: فالروح هي الطاقة الكمومية، والحيّز هو الجسد والكتلة هي النفس (الطاقة في الحيّز والروح في الجسد). فكما أن الأرواح تتآلف وتتنافر وتؤثر في بعضها البعض دون أن تغادر حيّزها (بكلمة منك تستطيع أن تجعل الآخر يستشيط غضبا أو أن يقتلك أو أن تجعله من السعداء)، كذلك الطاقة تؤثر في بعضها البعض دون أن تغادر حيّزها ودون أن تعيقها 'مادّة' ما حولها من طاقات. وهذا العبور والتداخل السلس للطاقة نراه دائما في حياتنا الفيزيائية دون تعجب، فالجسم المشحون كهربائيا يمكن أن يؤثّر في شحنة الأجسام المجاورة فتنتقل الشحنة من الجسم الأعلى شحنة للجسم الأقل شحنة وكذلك الجسم الممغنط.

لكن هذا المفهوم لتداخل الطاقة وعدم تأثرها بالطاقات الكمومية الأخرى يتعارض مع ما هو متعارف عليه فيزيائيا من أنّ التداخل بين مجموعتين من الموجات أو الجسيمات الكهرومغناطيسية (الضوء) يؤثّر بعضها في الآخر، أي عندما تتطابق قمم الموجات مع قيعان أخرى تلغي بعضها البعض ويبقى قدر الفرق فيما بينهما، بينما عندما تلتقي قمم مع قمم يتم جمع القمم فتزداد طاقة الموجة، لذلك فإنّ هذا الباب بحاجة للمزيد من التجارب المخبرية لإثبات أن الضوء عرض لا يتأثّر بالطاقة بينما ما يتأثّر هو الوسط الناقل لهذه الطاقة فيظهر لنا الأمر على أن الضوء يتأثّر بالطاقة الكهرومغناطيسية. وبتغيير الوسط الناقل لنفس النوع من الضوء خلال مجال كهرومغناطيسي يمكننا من رؤية الفرق والتأكد من هذا المبدأ.

معادلة الزخم وما يمكن استنباطه منها من معادلة للكتلة بدلالات الطاقة المغناطيسية والشحنة الكهربائية هي الوسيلة التي من خلالها نستطيع أن نتعامل مع روح الكتلة،

فالكتلة تموت بخروج روحها منها، وروحها هي الطاقة الكمومية المستقرة في حالة القصور الذاتي. فالكتلة يمكن لها أن تموت وتتحرر الطاقة التي في حيّزها فلا يصبح هناك وجود للكتلة، تماما كما تغادر الروح الجسد ويتعفن ذلك الجسد ويعود لأصله الترابي، تعود الكتلة لأصلها الطاقوي.

وما يمكن أن نتخيّله لهذه الطاقة أنها تنتقل بزخم اتجاهي مع تشتيت يغطي جميع الفوتونات المحيطة على اتساع 180°، بحيث يكون شكل تصدير الطاقة كنصف كرة قمتها في نفس اتجاه حركة الطاقة وأقل مقدار يكون باتجاه ال 90° على الجانبين. وهذه العلاقة تناسب قانون الجتا بحيث يسمح الجتا لأكبر مقدار من الطاقة بالنفاذ عندما تكون زاوية الانحراف صفر ولا يسمح بمرور الطاقة على الزاوية 90° وما بعدها لكل جهة لأنّ الطاقة متجهة فلا تغيّر اتجاهها دون مؤثر خارجي والانعكاس مؤثر خارجي، وهذه العملية رياضيا يعبر عنها بالضرب الداخلي للمتجهات (Dot Product). وكون بعض المواد تعكس الضوء وبعضها لا يعكس الضوء مثال واضح أيضا على أن الضوء عرض، لأنّه لا معنى لوجود مادّة صلبة لا تعكس الفوتون إن كان الفوتون جوهر وهو نفسه المنتقل من ذرّة لأخرى في الوسط الناقل. لكن نستطيع استيعاب أن هناك بعض الألوان – والتي هي أيضا أعراض – معاملات استجابتها للإثارات الفوتونية الخارجية أكبر من معاملات ألوان أخرى، فمنها ما يستجيب ويستقبل كامل الطاقة المنبعثة إليها ومنها ما يرفض استقبالها ويعكسها.هذا يعني أنّ فوتونات الألوان تحمل خصائص تستجيب لترددات طاقة الضوء القادمة لها، فإنّ كانت تلك التردّدات متوافقة مع خصائصها عكستها وإن كانت خارجة عن خصائها استوعبتها، أو ربما سمحت لها بالمرور من خلالها.

افترض أن التهيج القادم من الذرّة السابقة يؤدي إلى بروز نتوء فوري في الذرّة المستقبلة بسبب تهيج الفوتون داخلها. وهذا النتوء بدوره سيعمل على إحداث نتوء فوري أيضا في كل الذرّات الملاصقة بالذرة صاحبة النتوء، وكل ذرّة يكون مقدار نتوئها متناسبا مع مقدار انحراف زاوية التصاقها مع الذرّة صاحبة النتوء مقيسا من اتجاه النتوء الرئيسي

الممثل لاتجاه مسير الضوء. وقد استقر رأينا على أن الشكل الهيكلي للذرّات لا يمكن إلا أن يكون كروي ومطاطي، أي يمكن أن ينضغط باتجاه المركز أو أن يتسع بعيدا عن المركز بدرجات غير منتظمة. لأنّ التصور الصلب للذرة يمنع أن تكون كروية لأنّه سيوجد فراغات غير ممتلئة فيما بين الذرّات وهو ما لا يصح عقلا. أما إذا كانت غير كروية فإنه يوجد أكثر من شكل يمكن للذرة أن تتخذه: المخروط، الهرم، المكعب ... الخ. لكن ضرورة التماثلية تحتم أن تكون الذرّات كروية، وضرورة المرونة تحتم أن تكون الذرّات مطاطية فتغلق كل الأحواز فيما بين الذرّات.

فعندما يتم تهييج الذرّة فإنّها ستتوسع بمقدار يتناسب طرديا مع مقدرا ذلك التهيج. وبما أنّ الطاقة الناتجة هي كهرومغناطيسية فإنّ النتوء الناتج لا بدّ له من الاتصاف بصفات الطاقة الناتجة. هذا يعني أنّ النتوء الناتج سيكون بدلالات ثلاثة أبعاد مستقلة ولكنها مترابطة: بعد المجال الكهربائي، وبعد المجال المغناطيسي، وبعد الاتساع في الحيّز الناتج عن الحركة المصنوعة زمانيا. وهذه الأبعاد الثلاثة متعامدة على بعضها البعض.

وهذه الأبعاد الثلاثة المتعامدة نستطيع تصورها على الشكل الآتي:

1- اتساع المجال الكهربائي. وهو القوة الرئيسة المسؤولة عن الحفاظ على الحيّز للشحنة.
2- اتساع المجال المغناطيسي، وهذا ناتج عن التيار الناتج عن حركة الشحنة في الحيّز.
3- اتساع تمدد الحيّز، وهذا يمثّل طول الموجة.

وهذه الأبعاد الثلاثة تحتفظ بخصائص منها الثابت ومنها المتغير: فالثابت هو أنّ ثلاثتها متعامدة على بعضها البعض؛ والثابت أنّ علاقاتها الرياضية مترابطة في أكثر من علاقة رياضية، بينما المتغير هو المقادير والاعتمادية: فمقدار اتساع المجال الكهربائي غير اتساع المجال المغناطيسي وتدبر تلك المقادير يكشف لنا ان المجال الكهربائي هو اللاعب الأساس في انتاج بقية تلك المقادير فعلاقة المجال الكهربائي بالشحنة علاقة تبادلية (أي يمكن أن

يكون المجال الكهربائي بدلالة الشحنة كما يمكن للشحنة أن تكون بدلالة المجال الكهربائي)، والشحنة والحركة تنتج التيار الكهربائي الذي هو المولد للمجال المغناطيسي، ثمّ يأتي دور اتساع الحيّز والذي يمثّل المسرح الذي تتحرك فيه الشحنة وهو يكافيء طول الموجة.

هذا النموذج يعتمد التصور القائل بأنّ الطاقة هي في الأساس موجودة في الذرّة، أو في مدارات الالكترون، بالحد الأدنى الذي يمثّل الاستقرار: فهناك مجال كهربائي ذو اتساع الحدّ الأدنى، وهناك مجال مغناطيسي ذو اتساع الحدّ الأدنى، وهناك الحيّز الذي يسمح بوجود ذلكما المجالين متعامدين بالحد الأدنى من الأبعاد، وهذا الحدّ الأدنى من الأبعاد هو كامل الحيّز الذي تشغله شحنة الالكترون المستقرّ. وثلاثتهم في وضع تعامدي. أي أنّ الإلكترون هو عبارة عن حجم صغير من الفراغ تملأه طاقة كهرومغناطيسية مستقرّة.

يبقى أن نلتفت في نموذجنا هذا إلى طبيعة التوء وعلاقته بانتقال الضوء من مكان لآخر وبطبيعة الضوء كموجة وكجسيم. توزيع طاقة الضوء على سطح التوء لكل نقطة مقدارا يتناسب مع جتا الزاوية التي تصنعها تلك النقطة مع اتجاة الضوء يمثّل الحالة الجسيمية للضوء. بينما اختلاف مقادير الطاقة لكل نقطة ما بين القيمة العظمى في اتجاه الضوء وصفر للزوايا التي تساوي أو تكبر عن ال 90 درجة لكل جهة من اتجاه مسار الضوء (180 درجة اتساعا) يعني أنّ هناك نسق شبيه بالموجة في قيمه. ولكن القيم تتراوح بين الصفر والقيمة العظمى. الفرق الوحيد في نموذجنا هذا عن نموذج هيجنز هو أن نموذج هيجنز يفسر وجود بقع مظلمة في تجربة تمرير الضوء من فتحات على أنه التقاء قمة موجية مع قاع موجي فيلغي أحدهما الآخر. بينما في نموذج التوء الذي نحن بصدده لا يوجد قاع للموجة. النظر لذرتين متجاورتين متأثرتين بنفس التهيج يهيأ لنا وكأن هناك موجة بقمتين (القيمة العظمة المصاحبة لاتجاه متجة الضوء) وقاع (التقاء نهايتي التوءين حيث قيمة الطاقة صفر). لكن هناك فرق جوهري بين ما يبدو على أنه قمة وقاع وبين قمم الموجات وقيعانها الحقيقية. الفرق هو أن الموجة الحقيقية قاعها يكون متجهة باتجاه معاكس لقمتها، أي أنّه إذا اعتبرنا أنّ كل نقطة على مسار الموجة يمثّل متجهة تربط محور

طول الموجة الذي يمثّل قيمة الصفر في الاتساع مع تلك النقطة فإنّ نصف الموجة يكون عبارة متجهات باتجاه موجب والنصف الآخر يكون متجهات باتجاه سالب أو معاكس للأوليات. لذلك عند التقاء قمة وقاع يلغي أحدهما الآخر. بينما النتوء الذي أقول به لا يحمل في طياته متجهات معاكسة لبعضها البعض، كلها في نفس الاتجاه بمدى انحراف 90 درجة لكل جهة عن اتجاه الضوء. وعندما يعود النتوء لوضعه الطبيعي فإنّه يعود فارغا من أي طاقة، يعود لوضع الاستقرار ولا يعيد معه أية طاقة. فكيف سيلغي وهو خالي الوفاض وعديم الحيلة عن اكتساب طاقة طاقة أخرى! بل إن مفهوم الإلغاء في حد ذاته لا يستقيم مع خاصية انتشار الضوء، فالضوء ينتشر كرويا باتجاه متوسع ولا يغير من اتجاهه إلا بانعكاس.

وعلاقة النتوء بعملية انتقال الضوء تحتم علينا أن نستوعب أن اللحظة التي نقول بها أنّ الضوء انتقل من مكان لآخر، من ذرّة للتي تليها، هي اللحظة التي يعود فيها الحيّز المتهيج إلى وضعه الطبيعي بينما في تلك اللحظة يكون النتوء قد وجد في الذرّة المجاورة. أي أنّه ما دام النتوء يشكل حالة من حالات الذرّة نفسها، فالضوء لم ينتقل، الضوء ينتقل مع عودة النتوء عن نتوئه وانتقال النتوء للذرة المجاورة، عندها فقط نقول بأنّ الضوء انتقل من ذرّة للتي تليها.

وارتباط انتقال الضوء بوجود زخم طاقة في نتوء يعني شيء آخر يمكن استنباطه، وهو أن لبنات الطاقة المستقلة غير المرتبطة بذرّات لا يمكن لها أن تنقل الضوء، لأنّه لا يمكن لنا تهييجها. التهيج يكون بالتأثير في حيّز محكوم بمكان معين، اللبنة المستقلة غير محكومة بمكان محدّد، أي غير مرتبطة بذرة، أي أنّه لا يوجد قوّة/ قوى تثبتها في مكانها. فالتهييج ينتج عن وجود قوّة تعمل باتجاه معاكس للقوة/ القوى الموجودة ولكن في اتجاه معاكس فيتولد عندنا النتوء، النتوء يكون دائما باتجاه مبتعد عن النواة بالرغم من أنّه لا يتأثّر بها، أي أنّه لا يراها كقوة مانعة له من المرور في طريقه، لذلك يمكن للذرّة نفسها أن تنقل الضوء في اتجاهين متعاكسين في نفس الوقت. أما اللبنة المستقلة (تخيّل وجود حيّز الكترون يحوي طاقة مستقرّة غير مرتبطة بلبنات طاقة ذات قطبية أخرى بحيث إن ارتبطت

تشكل سويا مادّة)، هذه اللبنة المستقلة لا يمكن لنا تهييجها، كل محاولة منا لتهييجها يدفعها كلها من مكانها لمكان آخر ولا يمكن لنا توليد نتوء فيها بحيث يؤثّر هذا النتوء في الأحواز المجاورة لها. التهييج فيها يجعلها تنتقل من مكانها لمكان آخر شاقة طريقها بين الممكن من الذرّات. وهذا يسهل إدراكه إن تذكرنا أن طاقة الالكترون الكمومية هي في الأصل شحنة كهربائية لها مجال كهربائي ومغناطيسي محيط بها. وأي محاولة لتهييجها لا يكون إلا عن طريق طاقة كمومية أخرى أيضا لها مجال كهربائي ومغناطيسي. فأي محاولة لتهييج الالكترون الحرّ سيكون إما بواسطة طاقة كمومية مشابة في القطبية فيحصل التنافر قبل أن يحصل التهييج وإما بواسطة طاقة كمومية مخالفة في القطبية فيحصل التجذاب والالتحام، ولا يحصل التهييج.

الضوء كجوهر

فلنتخيل الضوء كجوهر. كيف ستكون الحياة إن كان الضوء جوهر؟

ربما ستتخيل الكثير من الأشياء التي تنتج عن تخيّل كون الضوء جوهر: أولا سيكون هناك انتقال للمادّة – مادّة الضوء – من مكان لآخر ... وهذا يتطلب شغلا وبذل مجهود، بل ويتولد عن ذلك تصادمات واحتكاكات وحرارة.

ثانيا، إن كان الضوء جوهر فإنّ هذا يعني أنّ المادّة تفنى. لأنّ الجوهر مادّة، والضوء لا ينتقل إلى مالانهاية، فعندما نضيء المصباح فإنّ الضوء سيخفت كلما ابتعدنا عن مصدر الضوء إلى أن نصل إلى نقط يختفي فيها الضوء عن الظهور. هذا يعني أنّه إن كان الضوء جوهر فإنّه تم فناؤه، أو أنّه تحول إلى مادّة أخرى. وهذا يعني أنّ مصدر الضوء قادر على انتاج المادّة أو أنّه سيتآكل.

ثالثا لن نتمكن من رؤية الأشياء كما نحن معتادون أن نراها، أو على حقيقتها التي نراها عليها الآن. وذلك لأنّ انتقال المادّة من مكان لآخر يتطلب وجود مسارات، وأنت إن أخذت أي حيّز في الغرفة فإنّ في ذلك الحيّز أشعة ضوئية قادمة من كل مكان في الغرفة ومتجهة إلى كل مكان آخر. أي أنّ كل ملمتر من الحيّز المملوء بالهواء تدخل فيه أشعة

الضوء المنعكسة عن الجدران أو محتويات الغرفة متجهة للاتجاه المقابل وفي نفس الوقت هناك أشعة متجهة في الاتجاه المعاكس. وكلا الاتجاهين يبين لك الصورة على ما هي عليه، فلو كان الضوء جوهر لكان هناك تصادمات غير منتهية من الجسيمات في كل ملمتر مكعب من حيّز الفراغ وهذه التصادمات لا بدّ لها من أن تؤثر في الرسالة التي ينقلها كل جسيم ضوئي إن كان جوهرا، فليس فقط في محتوى الرسالة بل وأيضا في وجهتها. عندها لن يتمكن المراقب القابع في الغرفة من رؤية المشهد الذي يقابله كما نراه في حالتنا العادية، بل سيراه مشوها ومضطربا ودائم التغيّر بحيث تتداخل الألوان والحدود لكل شكل مع ما تنقله جسيمات الضوء من الأشكال المحيطة به. إذن يستحيل أن يكون الضوء جوهر، ولا بدّ للضوء أن يكون عرضا ناتجا عن مؤثّر أو مصدر.

لكن كون الضوء عرضا ينهي لنا كل تلك الاشكالات ويفسر لنا الآلية التي ينتقل بها. واللغز المحيّر ليس في كون الضوء عرض، بل في الوسط الذي ينتقل فيه الضوء، اللغز الخارق للفكر العقلي هو الآلية التي ينتقل بها الضوء من ذرّة إلى أخرى في الوسط الغازي للمادّة. هذه الذرّات لها قدرات خارقة وعجيبة فهي ذكية إلى درجة الذهول. هي قادرة على نقل العرض من أي مكان أتاها إلى كل مكان آخر وفي نفس الوقت مع الاحتفاظ بوجهة الانتقال دون التأثير في المسارات الأخرى التي تحمل في نفس الوقت تاثيرات أخرى من كل مكان إلى كل مكان. فلا يوجد تصادمات ولا تشويشات ولا تداخلات. فهذه الذرّة – أو ما هو مسؤول عن نقل التأثير من خلالها إلى سواها – تعمل في كل الاتجاهات وفي نفس الوقت، حتى وإن كانت وجهتا العرض متعاكستين. أي لو تخيلنا أن هناك مصباحان متقابلان شديدا التوهج فإنّ العين القابعة في وسط الطريق بينهما – على افتراض أن هذه العين ترى من الجهتين – تتمكن من رؤية الضوء القادم من أي من المصباحين دون أن يلغي أحدهما الآخر. أي أنّ منتصف المسافة بين المصباحين لن تكون فيها شدّة الإضاءة أخفت ما يكون بسبب عرض أن كل مصباح ألغى عرض الآخر، بل ستكون أعلى ما يكون بحيث ستكون شدّة الإضاءة هناك ناتجة عن مجموع الإضاءتين.

هذا يعني أنّه لا يوجد انتقال مادي للضوء، بل انتقال تأثيري للضوء. وهذا الانتقال تأثيره أكبر ما يكون يكون في النقطة العمودية لمساره وكذلك ينتقل جزء من التأثير للذرّات المحيطة بشدة أقل كلما ابتعدت زاوية الاتجاه عن العمودي.

تهييج الذرّات

التهييج في الذرّة يتسبب في التغيير في أبعاد حيّز الطاقة التي تمثّل الالكترون: المجال الكهربائي والمغناطيسي بزيادة اتساعهما وفي الحيّز بزيادة أبعاده، ونستطيع أن نقول أيضا في الحيّز بزيادة اتساعه لأنّ اتساع المجال هو لا محالة اتساع في الحيّز، لكن هناك خاصية لاتساع الحيّز بحيث أن الاتساع الناتج عن اتساع المجال يمثّل مقدار الطاقة والاتساع في الحيّز بالاتجاه العمودي للمجالين يمثّل طول الموجة، فطول الموجة هو معكوس تردّد الرنين الناتج عن التوسع في الحيّز العمودي على المجالين الكهربائي والمغناطيسي. وهذه الزيادة في السعة هي الطاقة الناتجة. بعبارة أخرى: الطاقة هي الحيّز المكاني الذي يجبر الالكترون على التحرك فيه زيادة عن حيّز الاستقرار الذي هو معتاد عليه، أي الطاقة هي حجم ثلاثي الأبعاد. وهذا التوسع الناتج عن تهييج الذرّة، أو الالكترون، لا يكون على حساب الذرّات المجاورة والكتروناتها. أي أنّ توسع أبعاد الذرّة المتهيجة لا يتسبب في تصغير حجم الذرّات المجاورة بمقدار توسع الذرّة المتهيجة. لو كان ذلك كذلك لما تم انتقال الطاقة ولما كان هناك ضوء. لأنّه عندها سيتم استيعاب التوسع في الذرّة المتهيجة بخسران مقدار ذلك التوسع في الذرّات المجاورة ثمّ ترتد الذرّات المجاورة في التوسع بمقدرا ما خسرت من حيّز على حساب الذرّة المتسببة في التوسع ثمّ تقوم الذرّة بردّ ذلك التوسع في الذرّات المجاورة ولكن بمقدار أقل فنحصل على تردّد فيما بين الذرّة وماجاورها من الذرّات ولكن الطاقة تضيع في مكانها ولا ينتج انتقال للطاقة فيعود كل شيء إلى التعادل دون التأثير في أي ذرّات أخرى بعيدة عن الذرّة الأصل وتكون النتيجة هو أن تتحول الطاقة الحركية إلى حرارة.

بل إن انتقال الطاقة يعني أنّ التوسع لا يكون على حساب أي من الذرّات، بل كل الذرّات المجاورة للذرة المتهيجة تستجيب لذلك التوسع عن طريق نقل ذلك التوسع إلى

الجهة المقابلة من الذرّة. فستطيع تصورها وكأنّها تنحني للداخل من جهة قدوم التوسع وفي نفس الوقت تنتج نتوءا للخارج مسببة انحناءا للداخل في الذرّات المجاورة لها في الجهة المقابلة. فالذرّة الأولى تتوسع ثمّ تعود لحجمها الأصلي، والذرّات المجاورة تستجيب للتوسع القادم لها فتنضغط للداخل من جهة وتتوسع في الجهة المقابلة ثمّ تعود لحجمها الأصلي، وهكذا يتتابع الانضغاط للداخل والنتوء للخارج باتجاه حركة الطاقة لكل الذرّات طوفا بعد طوف. هذه العملية تتسبب في تشتت قسم من الطاقة على مساحة نصف كرة في اتجاه النتوء مما يتسبب في النهاية أن يكون النتوء صفرا، أي أنّ طاقة الضوء في النهاية لا بدّ وأن تؤول إلى الصفر ولو بعد زمن بعيد وبعد أن تقطع مسافة هائلة. نستطيع تشبيه انتقال الطاقة عبر الذرّات بعملية دفع قضيب معدني من أحد أطرافه، قوّة الدفع ستنتقل من ذرّة للتي تجاورها دون أن ترتد للخلف فنرى تأثير القوة مباشرة على الطرف الآخر للقضيب المعدني. الفرق بين طاقة الضوء وقوة دفع القضيب هو أنّه مع القضيب لا يوجد هناك خسارة للطاقة إذا أهملنا قوى الاحتكاك فيما بين القضيب المعدني ومحيطه؛ بينما بالنسبة للطاقة الضوئية فإنّ الذرّة المتهيجة تدفع كامل الكون حولها ثمّ تعود لحجمها الطبيعي وطاقة الدفع تلك تتشتت كلما كبر قطر التوسع الكروي الناتج حتى نصل إلى فقدان كامل تلك الطاقة. والمفارقة أن تلك الطاقة التي باستطاعتها أن تدفع الكون من حولها، ليس لها القدرة أن تدفع 1 غم من الكتلة الصلبة من حولها. وحتى نستجلي هذه المفارقة فإنّ تلك الطاقة الضئيلة قادرة على أن تدفع الكون من حولها إذا تحقق وجود شرطين: الأول ما دام هذا الكون وسطا ناقلا للضوء وثانيا: ما دام هذا الوسط متصلا دون انقطاع.

وهذا شيء مذهل لأنّ الطاقة الناتجة عن تهييج الالكترون صغيرة جدا، الفزيائيون يقيسون طاقة الضوء بالفوتون وطاقته عند تردّد 1 هيرتز مقدارها: 6.626×10^{-34} جول، أي $4.13567\times10^{-15}eV$ الكترون فولت. وهذا مقدار ضئيل من الطاقة لا يستشعره المرء بالأحاسيس الطبيعية ولكن هذه الطاقة قادرة على أن تدفع الكون من حولها ما دام هناك وسط ناقل غير عاكس. وهذا النموذج يخبرنا بأشياء مثيرة عن الكون، أولها هو أنّ

له نهاية، فآخر ذرّة تستجيب للتهيج تنتج نتوءا في محيط الكون، في الكرسي حول الكون، أي في مادّة غير المادّة الناتجة عن فتق الرتق وخصائص تلك المادّة لا تستجيب لهكذا طاقة فتبدو وكانها تمتص تلك الطاقة. والوجه الآخر هو أن الكون يتوسع بسرعة الضوء وذلك بسرعة انتقال التهيج الضوئي من ذرّة للتي بجوارها بحسب ما هو مفصل في هذا العمل، وهذا التوسع محكوما بمنحنيات الزمكان، فهو ليس بالضرورة توسع عمودي على مماس كرة الكون بل باتجاه الحركة التي تنتج منحنيات الزمكان.

ثانيها هو أنّ الضوء لا يتأثّر بكتلة الوسط الناقل، فهو لا يعيرها أي اهتمام. الكتلة بالنسبة للضوء شيء غير مرئي تماما مثل وزن الكواكب في الفضاء، وزنها صفر بالرغم من ضخامة كتلتها. فالضوء يدفع الكون من حوله دون أن يؤثّر في الكتلة من جانب ودون أن يتأثّر بها من جانب آخر. فالجسم المضيء لا تزيد كتلته ولا تنقص، ما يتأثّر هو الحجم الذي يحتله لحظيا. وقد يبدو القول بأنّ طاقة الفوتون غير المحسوسة بالنسبة للإنسان قادرة على دفع الكون من حولها أمرا غريبا ومستسخفا، هو ليس كذلك، هو غريب نعم لكنه ليس سخيفا، لأنّنا نعلم بأنّ كل حيّز فراغي من حولنا مملوء بالمادّة الغازية. ومن خصائص الغازات أن حجمها يزداد بازدياد درجة حرارتها. فإذا ملأنا بالونا بغاز النيتروجين بحيث ينضغط البالون ويصبح كرة، ثمّ قمنا بتبريد ذلك البالون إلى درجة أن يتحول النيتروجين إلى سائل، ماذا يحدث؟ ينكمش البالون على نفسه فيصغر حجمه، أين ذهب الفرق بين الحيزين: حيّز البالون الكروي المضغط ناقص حيّز البالون المنكمش. لا شك بأنّ هناك مادّة من حول البالون ملأت الفرق في الحيّز، من أين أتت تلك المادّة؟ إنها من الكون الواسع، فإذا ما سخّنا النيتروجين الذي بداخل البالون فإنّه سيدفع كامل مادّة الكون من حوله ليمتلك الحيّز الجديد. فانظر كيف من السهل على بالون رقيق وضعيف أن يدفع كامل الكون من حوله بسهولة ويسر، وهذا أيضا ممكن للطاقة بحدّها الأدنى وهو الحدّ فوق الاستقرار للالكترون.

كما أنّ فكرة أنّ الذرّات قادرة على دفع الكون من حولها نجدها في تحول المواد من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة. عملية التحول تنتج طاقة قادرة على دفع الكون من حول

السائل الذي يتجمد، لأنّ المادّة وهي سائلة تحتل حيزا أقل من الحيّز الذي تحتله تلك المادّة وهي في الحالة الصلبة المتجمّدة. فعملية التجمّد تنتج طاقة تدفع الكون من حولها حتى تحتل الزيادة اللازمة في حيّزها. وعملية الدفع هذه مؤشر على أن الذرّات مطاطية.

كما أنّ هذه الطاقة ستتوزع على جميع الذرّات الملاصقة للنتوء آخذين بعين الاعتبار ما يأتي:

1- شدّة النتوء: قد يكون النتوء الناتج يمثّل نصف كرة مركزها هو نفس مركز الذرّة صاحبة الشكل الكروي المفترض، لكن هناك أيضا احتمال أن شدّة النتوء قد تتسبب فقط في نتوء قليل يشكل قبة لا تتعدى مساحتها عن مساحة تلاصق ربع الذرّات أو أي نسبة أقل من نصف الذرّات. والفيزياء تقول بأنّ عزم الفوتون يتناسب عكسيا مع طول موجته، كلما صغر طول الموجة كلما كبر الزخم، وتعاظم الزخم يعني تعاظم الطاقة.
2- كمية الطاقة ستتوزع على كامل حجم النتوء بحيث كل حيّز فراغي من النتوء سيحتوي على طاقة تتناسب ومقدار بعد الحيّز عن محور اتجاه الضوء (قمة النتوء). الحيّز المحاذي لاتجاه الضوء سيأخذ أكبر كمية وكلما ابتعد الحيّز عن محور اتجاه الضوء كلما قلت طاقته.
3- كل حيّز سيفرغ طاقته لإحداث تهييج في الكترونات الذرّة الملاصقه له.
4- العملية تتكرر لكل ذرّة، كل الكترون تم تهييجه سيتسبب في خلق نتوء يهيج بواسطته الكترونات الذرّات الملاصقة بحسب نفس الآلية.
5- الكترونات الذرّات قادرة على استقبال التهيج من أي جهة ونقلها لأيّة جهة مقابلة في نفس الوقت. هذا يعني أنّ الطاقة الضوئية تنتقل في كلا الاتجاهين المتعاكسين في نفس الوقت. هذا يعني أنّ الحجم يمكن أن يتوسع في اتجاهين

متعاكسين في نفس الوقت، ولذلك في العتمة تستطيع رؤية الأشياء التي تضيء عليها من ضوء المصباح الذي بحوزتك، فالمصباح يطلق الضوء والهدف المرئي يعكس الضوء وكلا الطاقتين الذاهبة والآيبة في نفس الطريق دون تصادم.

هذا التصور للطاقة والذرّات يعطينا مفهوما جديدا للعلاقة بين الطاقة والذرّات وجسيماتها. الجسيمات تحت الذرية عبارة عن حيّز فراغي مملوء بالطاقة. أي أنّ المادّة هي مجرد حيّز كمومي من الطاقة، كمومي من كمية وكميات. فلكل جسيم تحت ذري هناك مقدار محدّد من الحيّز الفراغي يمثّل ذلك الجسيم وهذا الحيّز الفراغي له حجم مملوء بالطاقة مقدارها يمثّل ذلك الجسيم.

هذه النظرة لها تبعات رياضية وفيزيائية، بهذا المفهوم تصبح فلسفة تواصل الفضاء مبهمة أو مضلّلة. عندها لا يوجد فراغ متجانس حتى نعتبره متصلا. ما نعتقده بأنّه فراغ، أو حيّز متجانس هو ليس كذلك. بل هو مجاميع منفصلة من الطاقة كل منها متحيّز في أبعاد خاصة به. تماما مثلما أنّ الجزيء هو أصغر مقدار مستقر من المركّب، والذرّة أصغر جسيم مستقر من المادّة فإنّ الجسيمات تحت الذرية هي أصغر جسيم مستقر من الطاقة كل حسب أبعاده وحسب تراتيب معينة لقطبية الطاقة الكهرومغناطيسية فيه. بهذا الشكل لا يصح أن نعتمد قياس متر من الفراغ مكافئا لمقياس متر من طول قضيب من الحديد. حتى وإن كان المقياس هو المتر. لأنّ ما يمثله ذلك المتر في الحقيقة شيء مختلف كل الاختلاف. وهذا الاختلاف لا يظهر للعيان في الاجسام الكبيرة بل هو الاختلاف يصبح جليا عند التعامل مع الجسيمات التحت ذرية. عندها يمكن لنا أن نجد الالكترون في حيّز مقداره (س) متر ويمكن لنفس الالكترون أن يوجد في حيّز مقداره (ص) متر ولكن بطاقة مختلفة أو وبطول موجة مختلفة.

من الصعب علي أن أحاول تقديم نماذج حساب الكميات لعدم معرفتي بشكل الذرّات الحقيقي، ثمّ عدم معرفتي بعدد الذرّات الملاصقة لكل ذرّة لأنّ ذلك ضروري لابتكار نموذج حسابي، كما أن هدف هذا العمل هو النظرات الفلسفية للمفاهم الفيزيائية. وكل

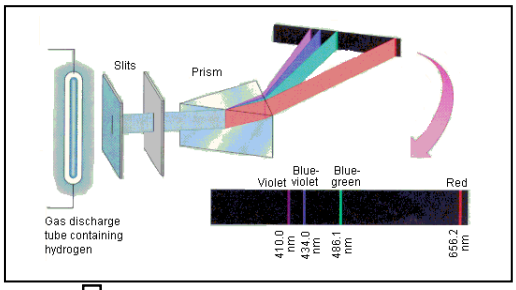
مفهوم فيزيائي يحتاج لعمل دؤوب وجدي ليتم تحويله إلى رياضيات وقوانين فيزيائية، ربما يكون ذلك من نصيب الباحثين الراغبين في الحصول على درجات الماجستير والدكتوراة. ونكتفي في هذا العمل بتقديم الفرضيات الصالحة لتطوير نماذج رياضية للتحقق منها مخبريا.

لكن بما أنّ الضوء له خصائص موجية، فإنّ الطاقة التي تنتج الضوء لا بدّ لها أن تحمل في طيّاتها تلك الخصائص. لذلك نستطيع تخيّل شكل مدارات الالكترونات وكأنّ كل مجموعة من الالكترونات تشترك في مدار يكون هذا المدار نفّاذا لكل الموجات القادمة ما عدا موجته هو. أي لو افترضنا أن كل مدار به فتحات على شكل غربال. فإنّ أوّل مدار – أبعد مدار عن النواة – لا بدّ وأن يكون غربال هذا المدار ذو الفتحات الأوسع. أي أنّ غربال هذا المدار سيسمح بمرور كل موجات الطاقة التي لها طول موجي أصغر من قطر فتحات ذلك الغربال. ثمّ يأتي المدار الثاني والذي قطر فتحات غربال أصغر من فتحات غربال المدار الأول ولكنها أكبر من فتحات جميع غرابل المدارات التي تليه باتجاه النواة. وهكذا دواليك حتى نصل إلى أقرب مدار من النواة فتكون فتحات غربالة أصغر الفتحات. وهكذا يكون اللون الأحمر ناتجا عن تهيجات في الكترونات أبعد مدار عن النواة بينما يكون الضوء الأزرق ناتجا عن تهيجات في الكترونات أقرب مدار من النواة. وهكذا إنْ تهيج المدار الأول البعيد عن النواة فإنّه بدوره يصدر – ينقل – تلك الطاقة التي أبعادها أكبر من فتحات غربال فيتأثر مدار الذرّة المجاور المكافيء له بتلك الطاقة، أي المدار الذي فتحات غرباله تماثل فتحات غربال المدار المستجيب لتهيج الطاقة وهكذا تنتقل الطاقة من ذرّة لأخرى محتفظة بترددها وطول موجتها.

وإذا علمنا انّ الضوء هو التغيّر في المجالين الكهربائي والمغناطيسي، فعلينا أن نربط هذين المجالين بفتحات الغربال. لذلك فإنّ فتحات الغربال هي مصطلح توظيفي وليس مصطلح تركيبي. أي أنّه ربما يكون الغربال عبارة عن فتحات حقيقية في جدار المدار وربما الغربال يكون بمفهوم المنقّي أو المصفي أو مرشح التمرير كما هو معهود في الدوائر الالكترونية للاتصالات 'Filter'. وهذا يعني أيضا أنّه ربما يكون لكل مدار من المدارات

الكترونات خاصة به تحمل صفة تربط تلك الالكترونات بمدارها الأصلي فلا تتأثر بأي طاقة صادرة عن تهيج الكترونات أي مدار آخر مخالف لمدارها. وهذا يعني أنّ الطاقة الصادرة عن التهيج تحمل في طياتها صفات الالكترونات التي تهيّجت منه مثل طول الموجة والشدة.

وإذا أخذنا نموذج بور للذرّة وأنّ الالكترونات تدور في مدارات، وكل مدار يمكننا تصنيفه بحسب بعده عن النواة بعدد صحيح يحمل في طياته بعد المدار عن النواة وطاقة المدار وسرعة دوران المدار فإنّ لنا في ذلك دليل لتصور الآلية التي تظهر بها أطياف الضوء، خاصّة إذا ما أخذنا في الاعتبار ألوان الطيف الذي يصدره غاز الهيروجين الذي يحمل في مداره الكترونا واحدا فقط.



شكل 10: الطيف الضوئي للهيدروجين

فهذا الالكترون إن تم تهييجه – إكسابه طاقة – بمقدار كاف ليقفز إلى المدار الأبعد عن النواه فإنه يذهب هناك ولكن خصائصه لا تسمح له بالمكوث في ذلك المدار وعليه أن يعود لبيته الأصلي في المدار الأقرب للنواة، خلال عودته سيطلق طاقة خصائصها من خصائص المدار الأبعد عن النواة وهو الضوء الأحمر. وإن كان الطيف الضوئي المرئي يتكون من سبعة الوان كما هو مبين في الجدول، فإنّ لكل لون مقدار محدّد من الطاقة إن تم تهييج الالكترون بها فإنّه سيتأثّر بها وسيفلتها عند عودته لمداره الأصلي. هذا يعني أنّ طيف الهيدروجين المعلوم مخبريا والمشاهد عيانا هو فقط يمثّل جزءا بسيطا من مقادير الطاقة التي باستطاعة الالكترون التهيج بها ومن ثمّ إفلاتها، وإن تمكنّا من التعبير في

[2] https://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch6/bohr.html

مقدار التهيّج فإنّ الكترون الهيدروجين سيكون قادرا على إظهار كافة ألوان الطيف في كل مرة يظهر الطيف الذي يماثل الطاقة التي يتهيّج بها.

طبعا تصور الغرابل قد لا يكون صحيحا من حيث التركيب، لكنّه لا بدّ أن يكون صحيحا من حيث الوظيفة. المطلوب تشكيل تركيب للذرة بحيث يؤدي ذلك التركيب تلك الوظائف، وهي تتلخص في:

1- الضوء هو تغيّر في الطاقة وليس جسيمات، ويمكن لنا اعتبار تعريف جديد للطاقة يساهم في توضيح المفهوم: هي تصرف المادّة كموجة، أو الطاقة هي كموميات صغيرة من المادّة القطبية بحيث أبعادها مطاطية غير ثابتة، وهذا يكون فقط ضمن الأبعاد تحت الذرّية والأدق. فالضوء طاقة لها أبعاد، هذه الأبعاد تشكّل موجة.
2- الضوء متعدد الأطياف ولكل طيف طول موجي خاص به، ويصدر عن حيز ذو حجم كمومي.
3- الضوء ينتشر في جميع الاتجاهات خلال الأوساط الناقلة وينعكس عن الأوساط غير الناقلة متأثرا بلون تلك العواكس. والأجسام تمتص جزءا من تلك الطاقة ونلمسها على شكل طاقة حرارية. وهذه الطاقة الحرارية هي طاقة حركية للذرّات أو أجزاء منها ولكنها غير كافية لإطلاق أشعة ضوئية فتظهر على شكل حرارة.
4- الضوء طاقة تفنى عن طريق الانتشار. أي أنّ الانتشار يؤدي إلى ضياع تلك الطاقة، أو توزيعها على مقادير مهولة من الذرّات على مساحات شاسعة مما يؤدي إلى فنائها على شكل تشتت.

هناك ملاحظة دقيقة ولكنها ذات معنى فيزيائي كبير، وهي أن الطاقة ليست كمومية بالمعنى النظري لكنها كمومية بالمعنى العملي. الطاقة كضوء هي طاقة كمومية. أي أننا بتهييج ذرات مادة ما فإنّنا لن نحصل على ضوء ما لم تصل قيمة الطاقة إلى مقدار معين.

لكن ألا نحصل على طاقة إن بذلنا جهدا أقل من الجهد اللازم لتجميع تلك الكمية اللازمة لإصدار الضوء؟

هذا البحث يجيب على هذا السؤال بالإيجاب، نعم نحصل على طاقة، فالطاقة مقاديرها متصلة وليست كمومية، لكن حالاتها كمومية. فالطاقة إن كانت قيمتها أقل من مقدار معين نلمسها على شكل حرارة، بينما إن تخطت مقدارا معينا فإننا نلمسها على شكل حرارة وضوء.

ونستطيع التعبير عن هذه الفكرة رياضيا كالآتي:

$$E = nhf$$

حيث $\{1 > n\} \forall E = heat$ إذا كانت قيمة n أقل من 1 صحيح

$\{\mathbb{R} \ni n\} E = light + heat$ إذا كانت قيمة n عدد صحيح تكون الطاقة ضوئية وإذا كانت عدد غير صحيح تكون الطاقة حرارية.

الكتلة حيّز

افترضنا في الباب السابق أن:

المادّة هي كتلة ما دمنا نتعامل مع الأحواز فوق الذرية، ولكنها طاقة ما دمنا نتعامل مع الأحواز تحت الذرية.

وأنّ:

الجسيمات تحت الذرية هي كمومات طاقة لكل كم منها حيّزها الخاص بها له خصائص فريدة تميزه عن بقية الكمومات المشاركة له في تشكيل الذرّة بما فيها النواة ومحتوياتها والالكترونات ومداراتها. وكل منها له القدرة على عبور الآخر دون التأثير فيه.

الآن بهذين الافتراضين نصبح قادرين على تصور مفهوم العلاقة بين المادّة ككتلة وبين المادّة كطاقة: إنه الحيّز المشغول. ففي الأحواز التي بأبعاد دقيقة تحت ذرية نتعامل مع المادّة كطاقة، بينما في الأبعاد فوق الذرية نتعامل مع المادّة ككتلة. والعلاقة المشتركة بين الاثنين هو الحيّز. ففي الحالة الأولى كانت وحدة المادّة الجول أو أحد العلاقات المكافئة له فيزيائيا، بينما في الحالة الثانية وحدتها الكيلوغرام أو ما يكافئه فيزيائيا. لكن وحدة الحيّز هي المتر أو ما يكافئه فيزيائيا. لا بدّ إذن من وجود علاقة بين المتر والكيلوغرام أو الكتلة والطاقة بعلاقة تربط المتر بالكيلوغرام. وبما أنّنا لجأنا لعلاقة آينشتاين لتوضيح العلاقة بين المادّة والطاقة والحيّز فإنّ الربط الأصوب يكون بين الحالتين الأقرب دون وجود وسيط. الوسيط كان ضروريا لتحويل المادّة إلى طاقة، الآن داخل الذرّة نحن نتعامل مع الطاقة والحيّز مباشرة دون وسيط وهذا يكون في الحالات الدقيقة: أي أحواز جسيمات الذرّة وطاقاتها. الأحواز هنا تمثّل الطاقات وليس الكتل، الطاقات تمثّل الكتل، والكتل تمثّل المادّة.

فإن اعتبرنا الحيّز الذي يشغله الالكترون، فإنّ الطاقة للالكترون بيّنتها لنا أبحاث ماكسويل ومعادلاته، وما بيّنه ماكسويل هو الطاقة وليس الكلتة. إذن لا بدّ لحيّز الالكترون أن يكون هو طاقة وليس كتلة، وخصائص هذا الحيّز هي: شحنة الالكترون، وهذه الشحنة هي ملكة ذلك الحيّز تجوبه 'مجبرة' في أبعاده كلّها يمنة ويسرة وتدور أيضا مجبرة بالصورة التي فسرها ماكسويل: عندما تتحرك الشحنة تنتج تيارا كهربائيا في الزمن، وهذا التغيّر في التيار الكهربائي يحدث مجالا مغناطيسيا. هذا التيار وهذا المجال هما سلاح ذلك الحيّز، هما جنديا الشحنة اللذان بواسطتهما تحافظ تلك الشحنة على حيّزها. وهما الزخم الذي عن طريقه تنتج لنا الذرّة الضوء، وهما المقياس الذي نقيسه خطأ على أنه الكتلة. وهذا يعني أنّ مقدار الطاقة الكامنة في الحيّز تعتمد فقط على حجم ذلك الحيّز، أو الأصوب أن نقول بأنّ التغيّر في الطاقة الكامنة في الحيّز يعتمد على التغيّر في الحيّز، والتغير في الحيّز ينتج عن التهييج، والتهييج ينتج إما عن التصادم أو عن التسخين

وكلاهما ناتج عن الحركة. إذن عدنا مرة أخرى أيضا للحركة. فالحركة هي أس الفيزياء وهي أساس الفيزياء.

وقولي بأن الالكترون حيز طاقة وليس كتلة يمكن الحصول عليها مستقلة عن بقية محتويات الذرة يعني أنّ ما يعتمده الفيزيائيون من أنّ كتلة للالكترون يكون المقصود به الكتلة القطبية – أي اللَبْنة التي بالاشتراك مع لَبْنات أخرى تكوّن الكتلة المستقلة التي يمكن قياسها والتعامل معها. هذا يعني أنّه لا يمكن لنا أن نجد الالكترون كجسيم حرٍّ ذي كتلة في وضع مستقل عن الذرات، وإن وجد على الطبيعة مستقلا كشحنة فإن قطبية كتلته لا يمكن لنا التعامل معها كجسيم بل كشحنة كهربائية تستجيب للقوى الكهرومغناطيسية. هذا يعني فيما يعنيه أنّ الالكترون المستقل عن الذرة لا يمكن له أن ينتج الضوء. وذلك لأنّ أي محاولة لتهييجه بتوسيع حيزه سيؤدي به للافلات من قوى التهييج المؤثّرة عليه ولن يستجيب للتهييج. أي لا يوجد قوى تحكمة للبقاء في حيزه حتى يخضع لتأثير قوى التهييج. هو حر طليق وسيبقى حرا طليقا حتى يجد قطبية أخرى يلتحم معها لتشكيل كتلة مادية ملموسة تلزم حيزه بالبقاء في مكانه. عندها فقط يمكن له أن ينتج الضوء.

حركة الشحنة في حالة الاستقرار – القصور الذاتي – تحافظ على الحدّ الأدنى من حيّزها بحركة منتظمة داخل ذلك الحيّز. اقتراب شحنات أخرى منها على غير المعهود يتسبب في أن تتحرك بعدوانية لتقاوم الاعتداء المحتمل على حيّزها فتقوم بحركتها العدوانية بتوسيع حيّزها منتجة بذلك تيارا إضافيا وزيادة في شدّة مجالها الكهرومغناطيسي. وبما أن الحيّز لا يفنى ولا يستحدث، فإنّ ذلك التوسع اللحظي يكون على حساب الذرّات المجاورة. وكل ذرّة تستجيب بنفس المنطق على حساب ما يجاورها من ذرّات باتجاه الحركة، فينتقل التوسع من طور إلى آخر حتى يصل نهاية الكون في الكرسي، لذلك نقول بأنّ الفوتون هو طاقة ضئيلة ولكنها قادرة على دفع الكون من حولها.

ونظرة فلسفية أخرى للحيّز وطاقته يتمثّل في اعتبار أنّ حركة ذلك الحيّز تخلق مجالا زمكانيا خاصا بها. فالطاقة في الحيّز عبارة عن منحنيات زمكان منبثقة عن حركة الشحنة في ذلك الحيّز، ومنحنيات الزمكان هذه هي التشكيل المتخيّل من الموجات الكهرومغناطيسية.

وقد ذكرنا بأنّ الشحنة تتحرك وتدور مجبرة، وهذا الإجبار ناتج عن تأثير الشحنات المجاورة لها. كل شحنة لها تأثير خاص عليها بمعزل عن بقية الكون دون الحاجة لافتراض أن شحنات الكون غير موجودة. لأنّ مبدأ تعادل الكون كهربائيا (السالب مقابل الموجب) يحتم علينا أن تأثير الشحنة السالبة في الوضع الطبيعي يكون فقط منصبا على شحنة واحدة مساوية لها في المقدار وقطبيتها بحسب الاختيار. أما تأثير باقي الشحنات فإنّ في الكون ما يماثله ويعادل تأثيره. نستطيع تصور الكون كهربائيا كجيشين متماثلين. أي شحنة تختارها لمعرفة تأثير بقية العالم عليها فإنّ العامل الأساسي الذي يحدد هذا التأثير هو فقط قيمتها نفسها ومقدار المسافة التي تريد معرفة التأثر الذي تلاقيه منه. ما يؤثّر عليها من الجيش الثاني هو فقط بما يساوي قيمتها والقطبية أنت تختارها.

إذن الفكرة الرئيسية هنا هي أن الحيّز هو الهيئة الفيزيائية التي تمثّل الطاقة ومن ثمّ تمثّل المادّة. فكل تغيّر في الحيّز ينتج عنه تغيّر في الطاقة ومن ثمّ ينتج عن ذلك تغيّر في الكتلة.

فاتساع حجم الذرّة نتيجة التهيج يكسبها حيزا ولا يكسبها كتلة – التهيج يحتوي على نوع من الطاقة الكمومية غير المهيئة لتشكيل مادة – ويعتمد على زمن تأثير التهيج. بل هنا يظهر الزمن كبعد رابع للفراغ المعروف خطأ لدى البعض بمصطلح الزمكان 'Spacetime'. ونستطيع تصور الالكترون على أنّه طاقة كهرومغناطيسية بأربعة أبعاد: شدّة تيار كهربائي ناتج عن حركة الشحنة في الحيّز، واتساع المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي وامتداد ذلك على طول الموجة، واستمرار ذلك الاتساع وذلك الامتداد في بعد الزمن. فالأبعاد الأربعة هي: التيار الكهربائي، المجال المغناطيسي، طول الموجة، الزمن. وسنجد في النهاية أن كل تلك الأبعاد تتعلق بالشحنة الكهربائية، والشحنة هي

المعنية بتلك الأبعاد وبذلك الحيّز الذي تمتلكه، وسنجد أن المجال الكهربائي هو الذي يخلق الحيّز.

فلنتخيل الطاقة على أنها عبارة عن اسطوانة طولها هو طول الموجة وهذه الاسطوانة يصدر عنها مجالان متعامدان أحدهما ناتج عن حركة الشحنة الكهربائية q والثاني هو المجال المغناطيسي B الذي يتسبب فيه ذلك التيار الكهربائي الناتج عن حركة تلك الشحنة وكلاهما دائما في حركة مستمرة، وسعة كل منهما هي نصف قطر تلك الاسطوانة r، وذلك كله متأثر ببعد الزمن. وقد جرى العرف على تعريف الالكترون على أنّه شحنة سالبة. وبما أنّ الالكترون أيضا تعارف عليه الفيزيائيون على أنّه يدور حول النواة في مدارات كمومية، فهذا يعني أنّ هذه الشحنة تنتج تيارا كهربائيا قيمته: $I = \frac{q}{t}$ وهذا التيار بدوره سينتج مجالا مغناطيسيا حول اتجاه مسار ذلك التيار قيمته $\mathrm{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$. فالشحنة هي الأصل والحركة هي السبب والتيار الكهربائي والمجال الكهرومغناطيسي هما النتيجة، وهما متلازمان. وكلاهما أعراض وجود الطاقة، أي أنّهما هما البعدان اللذان عن طريقهما نستطيع استشعار وجود الطاقة. والتيار الكهربائي سيبقى في دائرة الاستقرار – القصور الذاتي – ما دامت قيمته ناتجة عن شحنة الالكترون وحدها، أي دون تأثير من خارج الحيّز الذي يحتوي طاقة الالكترون. فهو سيبقى في حركة دائرية لولبية شبيهة بمسار شكل 8 (افتراضا)، وكذلك المجال المغناطيسي معتمدا على التغيّر في شدّة التيار الكهربائي. هذه الحركة للتيار ستنتج مجالا مغناطيسيا بحيث يملآن مجتمعين حيزا من الطاقة على شكل اسطوانة نصف قطرها هو سعة المجال (r=B)، كما يمكن لنا أن نعتبر نصف قطرها أيضا هو سعة التيار الكهربائي (r=I). فالشحنة الأصل، والتيار هو الوسيط والمجال المغناطيسي هو النهاية، ثمّ تعود الدورة من جديد فيؤثر المجال الكهربائي الخارجي على الشحنة (بقوة تتناسب وقيمة الشحنة والمسافة بينهما) فتتحرك فتنتج تيارا فيتعزّز المجال المغناطيسي ... وهلم جرّا، وكل ذلك يحصل ذهابا وإيابا في حيّز طوله مساو لطول الموجة. عندها نستطيع التعبير عن تلك الطاقة بدلالة حيّزها بالآتي:

$$P = Vt \approx \lambda \pi r^2 t$$

أي أنّ الزخم هو مقدار ديمومة حجم الحيز في الزمن!

لكن $(r^2 = IB) \Leftarrow P \approx \pi\lambda IBt$ **لح.**

$$P \approx \pi\lambda IBt \quad (3.1)$$

في أول وهلة عندما تصورت نموذج الحيّز-الطاقة وعبّرت عن ذلك بدلالات حركة الشحنة ونتائج تأثير مجالها الكهربائي وحركتها ثمّ تفحصت وحدة النتيجة للطاقة ووجدت أنها فعلا تعبر عن الزخم المهيأ للسير بسرعة الضوء ليصبح طاقة، عندها توقفت عن البحث والدراسة من شدّة السعادة، خفت إن دقّقت النظر في الوحدات أكون قد أخطأت، فلم أرغب في أن أنظر للمعادلة وأدقق وحداتها من جديد وتركت القراءة والكتابة في ذلك اليوم منتشيا بسعادة كنت شعرت مثلها في مرة سابقة لمدة أسبوعين عندما كنت أحضر اخراج كتاب 'الأعداد في الحساب من الصفر إلى المالانهاية'، لأنّني عندها توصلت إلى رؤية ما يعرف بقطر التوافق ورأيت تموج قيم المتغير عندها كأنّه موجة جيبية وكان ذلك بمساعدة برنامج كمبيوتر بلغة جافا كنت أعددته لتلك الغاية، فشعرت بسعادة غامرة وكأنني أسير فوق السحاب لمدة أسبوعين ثمّ تبين لي عندما عدت للبحث في الموضوع أنّ باسكال كان قد توصل لذلك من قبل، ففترت سعادتي، وهنا في هذا البحث عندما رأيت تطابق الوحدة مع ما اعتقدته من زخم للطاقة توقفت عن النظر حتى أعيش اللحظة، لحظة نشوة السعادة في الاكتشاف، فلم أرغب أن أعلم إن كانت نظرتي الأولى مجرد وهم أو إن كان ذلك أيضا معلوما مسبقا لعلماء الفيزياء، رغبت فقط أن أعيش سعادة الاكتشاف والابداع، وقد كان. ها أنا أبحث وأطبق

---

[3] **تم التوصل إلى هذه العلاقة في يوم الأحد العشرين من ذي القعدة لعام 1443هـ / التاسع عشر من حزيران 2022م في دورتمند ألمانيا في المتجر الخاص بي والذي كان بمثابة مصدر رزق ومكتبا للبحث والقراءة والكتابة. وفي تاريخ 13 محرم 1444هـ رأيت أن هناك علاقة شبيه تم استخدامها سابقا وهي مستخلصة من مساواة قوة لورنتز مع قوة الطرد المركزي.**

تلك المعادلة على بقية قوانين الفيزياء الممكن الارتباط بها بعلاقة ما، وكل ما وجدته مبشر بأنّ تلك الصيغة أصيله في فكرتها بالربط بين الحيّز والطاقة ومن ثمّ المادّة، وفي علاقاتها بالقوانين المتوفرة في الفيزياء فهي تربط بين كل عوالم الفيزياء النيوتونية والماكسويلية وبالتأكيد الكمومية لأنها تتعامل مع الطاقة. وقد كنت شرحت في مكان آخر أنني عثرت في مراجع الفيزياء على حالة خاصة شبيهة بالصيغة التي توصلت إليها وذكرت في موضعة الفروق بين الصيغتين لتميل الكفة بلا أدنى شك لأصالة صيغتي.

فإن كان توافق الوحدات الناتج عن الربط بين الحيّز وما بداخله صدفة فإنّها صدفة عظيمة وهي صدفة ناتجة عن تدبر مستند لمبدأين عقليين: الأول: مفاده أن العدم شيء غير موجود؛ والثاني مفاده أنّه بما أن الضوء عرض ناتج عن تغيّر في حالة الالكترون فإنّ طاقة الضوء لا تظهر للعيان إلا بتغير يطرأ على طاقة الالكترون، وبما أن الضوء طاقة فهو إذن زخم وسرعة. وبما أنّ السرعة هي انتقال العرض من مكان لآخر إذن يتبقى لنا أن ننظر في الزخم كتغيّر في طاقة الالكترون، وبما أن طاقة الالكترون لا بدّ وأن تكون موجودة حتى عندما لا يوجد ضوء فلا بدّ لها من حيّز وهذا الحيّز هو طاقة كمومية، وعناصرها هي مكونات الطاقة. والتغيير الذي يحدث الضوءَ هو تغيير في تلك الطاقة، وبما أن الطاقة محكومة في حيّز فإنّ التغيير فيها هو تغيير في الحيّز. لأنّه لا يوجد معنى لوجود حيّز غير مشغول ولا يوجد معنى لوجود شاغل دون حيّز، فالحيز غير المشغول هو عدم والشاغل دون حيّز وهْم، لذلك التغيّر في الطاقة هو حتما تغيّر في الحيّز. من هنا ابتدعت علاقة ربط الزخم بالحيز: الزخم هو محصلة الحيّز في الزمن. من هنا جاء التوافق في الرؤية والفيزياء، نتيجة تدبر عقلي منطقي.

هذه العلاقة توحّد المادّة مع الحيّز أو الكتلة مع الحيّز تماما مثلما وحدت نسبية آينشتاين بمفهوم الزمكان بين التسارع والجاذبية. وهذا المنطق يمكن لنا استيعابه إن تدبرناه بنفس مفهوم تثبيت سرعة الضوء ثمّ التعبير عن الزمن بالمسافة، فعندما تكون السرعة ثابتة،

يكون عندها التغيّر في الزمن هو تغيّر في المسافة فقط بنسبة وتناسب. فعندما نقول ثانية، نعني بذلك 300 مليون متر وعندما نقول 300 مليون متر نعني ثانية.

نفس المنطق نستخلصه من معادلة ((4.1)، عند التحقق من القيم الحقيقية لهذه العلاقة إما مخبريا أو نظريا فإنّ معنى ذلك سيكون كالآتي: حجم س من الحيّز يساوي مقدار ص من الطاقة. فإنّ زاد الحجم بنسبة معينة تزيد الطاقة بنسبة قيمتها مستخلصة من هذه العلاقة.

وهناك وجه تشابه في أصالة الشحنة بالنسبة للمادّة والطاقة كما هو معهود فيزيائيا في أصالة الكتلة بالنسبة للمادّة. وهي أن كليهما مسؤولان عن انتاج القوة. الشحنة تنتج قوّة كهربائية ومغناطيسية والكتلة تنتج قوّة نيوتونية ميكانيكية، وسنرى لاحقا أنّ الكتلة يمكن تمثيلها بدلالة الشحنة.

بعد تقريبا أقل من شهرين من الدراسة في هذه العلاقة رأيت أن هناك علاقة شبيهة بها تم التوصل إليها عن طريق مساواة قوّة لورنتز مع قوّة الطرد المركزي لتأثير المجال المغناطيسي على شحنة كهربائية تسير عموديا على اتجاهه:

$$F_l = F_c$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$mv = qBr \qquad \textbf{(5.1)}$$

وهذه العلاقة تعرف باسم (cyclotron formula)، الباب الآتي سيبين الفرق بين الصيغة الجديدة وبين هذه العلاقة بالرغم من التشابه الكبير فيما بينهما.

هل صيغة الزخم علاقة جديدة

وبالرغم من التشابه الكبير بين صيغتي للزخم وبين صيغة السيكلوترون إلا أنّ الصيغة الرياضية التي توصّلت لها تدبرا تسمو على صيغة السيكلوترون بل وتشملها وتمتاز بعدّة مزايا جوهرية تفضيلية عنها:

الأول: أن الصيغة الرياضية التي توصلت لها ابتدأت من حالة قبل هذه الصيغة، فهي كانت بدلالة: طول الموجة والتيار والمجال المغناطيسي والزمن، بينما هذه الصيغة الناتجة عن تساوي قوّة لورنتز والطرد المركزي يمكن التوصل لها من الصيغة الأصلية التي توصلت لها. أي أنّ هذه الصيغة هي مشتقة من الصيغة الأصلية التي توصلت لها. والصيغة الأصلية يمكن لنا التعامل معها كقانون ثابت للطاقة تماما مثله مثل قانون نيوتن الثاني للقوة لجسم متحرك بتسارع أو قانون كولومب للقوة بين شحنتين. وهذا يساعدنا في اللجوء لتطبيقه حيثما أمكن دون تردّد ودون اعتماد ظروف حالة خاصة مثل حالة تساوي القوة المركزية مع قوّة لورنتز. وسيتبيّن لنا أنّ قوّة لورنتز نفسها مختزلة في هذه الصيغة الأصيلة.

الثاني: الصيغة المشابهة لهذه الصيغة من معادلتي هي: $mv = \frac{2\pi}{3}\lambda qB$ وهي بلا شك مشابهة لها ولكنها تحمل فرقا جوهريا في دلالة محتوياتها ومصدرها فهي ناتجة عن عزم الطاقة الكمومية وليس عن القوة. وهي تحتوي معلومات كمومية من قبيل طول الموجة والأهم أن هذه المعادلة ناتجة عن صيغتي التي تحتوي الزمن. ومنبعها كان تخيّل سلوك الالكترون داخل مداراته وتأثير التهيج الذي يؤثّر فيه على سلوكه خاصة تخيّل الكيفية التي يحتوي فيها الطاقة والكيفية التي تزيد فيها الطاقة عند التهيج والكيفية التي تنتقل فيها الطاقة من ذرّة إلى أخرى، فكانت هذه الصيغة الرياضية هي عصارة أفكار ذلك التدبّر.

الثالث: هو أن هذه المعادلة التي توصلت لها هي وسيلة الربط بين الطاقة الكمومية والكتلة من جهة وبين الطاقة الكمومية وحيزها من جهة أخرى. هي التعبير عن المادّة عن طريق الحيّز مرورا بالطاقة كوسيط. هذا هو أصلها ومنبع فكرتها.

الرابع: هو أن الصيغة التي توصلت لها هي حالة عامة، مصدرها التوحيد بين الطاقة والحيّز، ومن ثمّ التوحيد بين الكتلة والحيّز، لذلك تجدها مناسبة للاستعمال في أي علاقة فيزيائية فيها أي من متغيرات تلك الصيغة الرياضية. هذا يعني أنّك أينما وجدت معادلة فيزيائية فيها كتلة فإنّ بامكانك من خلال هذه الصيغة التعبير عن الكتلة بدلالة الشحنة والسرعة وطول الموجة والمجال المغناطيسي. وكذلك تستطيع التعبير عن بقية المتغيرات بدلالة المتغيرات الأخرى التي في الصيغة الرياضية. بينما الصيغة الناتجة عن تساوي قوّة لورنتز مع القوة المركزية تمثّل حالة واحدة فقط وهي وجود شحنة تدور في مسار دائري بنصف قطر (r) داخل مجال مغناطيسي. فهي لا تصلح لأنّ تضمنها في أي علاقة أخرى إلا في العلاقات التي تمثّل نفس الحالة لأنّ هناك مسافة محكومة بكونها نصف قطر دائرة. فصيغتي قادرة على الربط بين جميع قوانين الفيزياء التي تتعامل مع متغيراتها وتأتي بنتائج مطابقة لما هو موجود، فمثلا عندما تعوض بواسطتها في قانون لورنتز فإنك تصل إلى الطاقة الحركية، وعندما تعوضها في الشغل فإنك تصل لقانون آينشتاين للطاقة، ... الخ.

الخامس: الصيغة الرياضية التي استحدثتها قادرة على الربط بين فيزياء عالمي نيوتن وماكسويل، فهي صيغة عامة تخدمنا كوسيط معتمد بحيث أنّها تساهم بخطوة عظيمة في توحيد نظريات الفيزياء. وبالنظر في عملية التحويل بين القوانين نجد أن هذه الصيغة تعطينا مفاهيما توضيحية للربط بين العالمين. فمثلا هذه الصيغة من خلال خطوتين بينت لنا العلاقة بين الطاقة النيوتونية (طاقة الحركة والوضع والشغل) وبين طاقة آينشتاين المرتبطة بالكتلة وبسرعة الضوء دون الحاجة للنسبية. كما أنّ هذه الصيغة أوجدت لنا العلاقة بين ثابت الجاذبية النيوتوني وبين قانون كولومب.

السادس: وهو أن الصيغة المستحدثة للطاقة مبنية على مبدأ ربط بين الكتلة والحجم، ووسط الربط بينهما هو الطاقة، وليس كل أنواع الطاقة، بل الفكرة مبنية على أنّ كل حيّز من أحواز الذرّة يحتوي على بنية طاقة فريدة من نوعها تتكاتف مع بقية الطاقات في الأحواز المجاورة معها حتى تشكل المادّة. هذه هي فلسفة الطاقة الكمومية التي تمثلها هذه الصيغة. هذا يعني أنّ هناك 'شيفرات وراثية' لطاقة الالكترون تختلف عن تلك التي

تشغل حيّز البروتون وتختلف عن تلك التي تشغل حيّز النيوترون، وكلها مجتمعة تشكل الذرّة، أي المادّة. فهذه الصيغة هي التمثيل الرياضي للُبُنات بناء المادّة.

السابع: هو أن الصيغة الأصيلة التي تم ابتداعها لتمثيل الطاقة بواسطة الحيّز كان فيها عامل الزمن. ولولا وجود الزمن والتيار في العلاقة لما تمكنا من رؤية الشحنة في العلاقة. لذلك فالعلاقة أصيلة أصالة الزمن والتيار والمجال المغناطيسي وطول الموجة فيها. وكل ما تم بحثه والتوصل إليه من علاقات تابعة ناتج عن هذه العلاقة الأصيلة. لاحظ أن وجود الزمن جعل من الصيغة مناسبة للدخول في علاقات ماكسويل. بل وجود عامل الزمن كشف لنا أنّ الكتلة عرض قابل للاشتقاق.

الثامن: وهو ليس اختلافا ولكنه تأييدا: وجود صيغة شبيهة ناتجة عن حالة فيزيائية خاصة بدلالات تخص تلك الحالة الخاصة (نصف قطر دائرة) يعطينا دليل تأكيد على صوابية الصيغة المبتدعة من خلال العقل والتدبّر، على أنّ الصيغة المبتدعة هي الصيغة العامة التي تشمل تلك الحالة الخاصة.

تحويل التقارب في العلاقة إلى التساوي:

ومقاربة التساوي الذي نراه في الصيغة المبتدعة هو بسبب أن دوران الموجات حول محور طول الموجة لا يشكل اسطوانة كاملة، بل يشكل كرتين مرتبطتين ببعضهما البعض ونقطة الالتصاق هي عندما تكون قيمة كل من المجالين صفرا أي عند نصف الموجة وذلك نستطيع تصورة بتدوير الرقم 8 حول محوره الطويل. وذلك بحسب تصورنا لعلاقات ماكسويل ودالات موجات الطاقة الكهرومغناطيسية. بعبارة أخرى فإنّ الحجم هو عبارة عن حجم اسطوانة مأخوذا منها الحجم خارج تغطية موجة المجال المغناطيسي. أي أنّ الطاقة لا علاقة لها بالكتلة بل بالحيّز الذي تمتلكه الشحنة، أو قطبية الطاقة.

كما يمكن لنا التعبير عن معادلة الزخم السابقة بدلالة الشحنة وشدة المجال المغناطيسي الناتج عن حركتها (مستخدمين العلاقة: $q = It$):

$$P \approx \pi\lambda qB \Leftarrow \tag{6.1}$$

كما يمكننا التعبير عن الكتلة بدلالة الزخم من خلال ما هو متعارف عليه في الفيزياء الكلاسيكية:

$$P \approx \pi\lambda IBt \Rightarrow mv \approx \pi\lambda IBt \Rightarrow m \approx \frac{\pi\lambda IBt}{v}$$

وبما أنّنا نتعامل مع الضوء فإنّ السرعة هي سرعة الضوء، أي أنّ الكتلة يمكن حسابها من:

$$m \approx \frac{\pi\lambda IBt}{c} \tag{7.1}$$

وبنفس المنطق من خلال معادلة (8.1)

$$m \approx \frac{\pi \lambda q B}{c} \qquad (9.1)$$

فإذا اقتصرنا تدبرنا على الحيّز الكمومي، فإنّ المسافة المتوفره له هي طول الموجة، وهذا يعني أنّ السرعة هي سرعة تردّد الشحنة في تلك المسافة ذهابا وإيابا. لذلك نستطيع التعبير عن سرعة الضوء بدلالة طول الموجة والزمن اللازم للشحنة لأنّ تقطعها:

$$m \approx \pi q B t \qquad (10.1)$$

حيث: $t = \frac{\lambda}{c}$، هذا يعني أنّ الزمن الذي يلعب دورا في تحديد كتلة الالكترون يعتمد على طول موجة الالكترون وقت قياسه. وهذا يعني أنّ كتلة الالكترون غير المتهيج أقل من كتلة الالكترون المتهيج. بينما هناك حد أدنى لطول موجة الالكترون وهي التي تحدّد كتلة الاستقرار ومن ثمّ طاقة الاستقرار – القصور الذاتي.

كما يمكن لنا أن نستخلص من هذه العلاقات أن دي برولي 'Broglie' كان مصيبا في تصوره أن كل الاجسام لها طول موجي، حتى وإن حصل على تلك العلاقة عن طريق افتراض خاطيء بافتراض كتلة للفوتون مقدارها صفر، والطول الموجي للكتل نجده متحققا في العلاقة التي توصلنا لها هنا. والفرق الوحيد بين هذه العلاقة ومبدأ دي برولي هو أنّه افترض أنّه كلما صغرت كتلة الجسيم وقلت سرعته كلما كبر طول موجته؛ بينما العلاقة التي أمامنا تضيف الشحنة وشدة المجال المغناطيسي بالإضافة للكتلة والسرعة.

وما يستوقفني في هذه العلاقة التي استحدثناها في هذا العمل، علاقة تمثيل الكتلة بالطاقة، هو قدرتها على تمثيل الكتلة بالطاقة، هذا يعني أننا إن نجحنا في استخلاص الشيفرة الوراثية للطاقة فإنّ بإمكاننا إعادة انتاج نفس الكتلة والمادّة في أي مكان آخر، أي يمكننا استنساخ أو نقل المادّة بسرعة نقل الطاقة، أي بسرعة الضوء. وذلك لأنّ هذه العلاقة

تقول بأنّ أي مادّة هي عبارة عن تشكيل معين من الطاقة الكمومية بخصائص معينة. فالبروتين له طاقة بخصائص معينة، والدهون لها طاقة بخصائص معينة والذهب تمثله طاقة بخصائص معينة. فإن علمنا تلك الخصائص تمكنّا من التعامل معها بحرّية أكبر من عدة وجوه، ليس فقط نقلها، بل أيضا تصنيعها وتحويلها من شكل لآخر.

وربما تكون الحركة للشحنة هي الشيفرة الوراثية للطاقة، فكل طاقة تكون ناتجة عن حركة شحنتها، والحركة متجهة، فربما يكون الإتجاه هو ما يحدد نوع الطاقة، أو قطبيتها. لذلك من هذا المنظور يجوز لنا أن نقول بأنّ شحنة الالكترون هي نفس شحنة البروتون وما اختلاف القطبية فيهما إلا نتيجة أنّ اتجاه حركتهما دائما متعاكسة. وتعدّد الالكرتونات والبروتونات في الذرّة وشكل الذرّة يعني أنّ الحركة هناك محكومة حتما بتعدّد الأبعاد، أبعاد لانهائية بحيث يحافظ كل زوج من الشحنات (الكترون-بروتون) على استدامة التعاكس في اتجاه حركتيهما، هذا يجعل من مقدار الشحنة شيئا ثابتا وغير قطبي، أي لا يوجد شيء اسمه شحنة سالبة ولا شيء آخر اسمه شحنة موجبة، هناك شحنة فقط عندما تتحرك باتجاه اليمين تنتج مجالا مغناطيسيا باتجاه القاريء وعندما تتحرك باتجاه اليسار تنتج مجالا مغناطيسيا باتجا عمودي على الصفحة. فوجود شحنتين متعاكستين في اتجاه الحركة يولد بينهما قوّة جذب بينما توحّد الاتجاه يولد التنافر.

ومن الدلائل الجديرة بالاهتمام والملاحظة في مجمل العلاقات الرياضية السابقة هو بزوغ المجال المغناطيسي في كل منها. هذا يعني أنّه لا يوجد حيّز في هذا الكون يخلوا من المجال المغناطيسي. وهذا ما نلاحظة عمليا عندما نحمل ابرة مغناطيسية فإنّها دائما تعيد توجيه نفسها لتنسجم مع خطوط المجال المغناطيسي المنتشر في الأرض. ومجال الأرض المغناطيسي هو تراكم مجالات مكونات الأرض، هذا يعني أنّه لا يوجد مكون أو عنصر في الأرض يخلوا من المجال المغناطيسي الخاص به.

وبما أنّ المجال المغناطيسي يمانع مرور التيار الكهربائي، فإنّه من المنطقي عندها أن نعتقد بأنّ المواد غير الموصلة للتيار لها مجال مغناطيسي عالي الشدة، وبما أنّنا لا نلاحظ أنّ المواد غير الموصلة للتيار تتصرف على أنّها مغناطيس، فهذا يعني أنّ يكون المجال المغناطيسي نوعين: نوع يؤثّر في بعض المواد فيجعلها جاذبة لأخرى، ونوع يؤثّر في مواد أخرى فيجعلها مانعة للتيار الكهربائي فقط. أي أنّ هناك نوعان من المجال المغناطيسي: الأول خارجي يجذب بعض المواد ولا يمنع مرور التيار إلا بالقدر القليل، بينما الثاني داخلي لا يؤثّر في المواد الأخرى ولكنه مركز في داخل المادّة فيمنع مرور التيار الكهربائي، وحتى يستقيم معنا أن يكون المجال المغناطيسي هو ناتج عن تيار وفي نفس الوقت مانع لمرور التيار، علينا أن نفرّق بين تيارين: التيار الداخلي الناتج عن حركة الشحنات المكوّنة للمادّة، والتيار الخارجي الناتج عن تهيج في طاقة الذرات. عندها نستطيع استيعاب فكرة ممانعة مرور التيار الخارجي بسبب المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الداخلي. الأنسب عندها للمواد المانعة لإيصال التيار الكهربائي أن يكون تيارها الذاتي يسير في اتجاه عمودي على الاتجاه المفترض للتيار الخارجي، فهو يشكل سدّا منيعا للتيار الخارجي. لاحظ أنّنا توصلنا لعلاقة الممانعة الكهربائية بدلالة النفاذية المغناطيسية لتكون العلاقة بينهما علاقة طردية ($R = \frac{\mu_0 C}{2\pi}$) وهذا يدعم تصوّرنا هذا لعلاقة المجال المغناطيسي في كون المادّة غير موصلة للتيار الكهربائي.

توصلنا إلى العلاقة $P \approx \lambda \pi IBt$ عن طريق النظر في حجم حيّز الشحنة المستقرة. فإذا التزمنا تصور ماكسويل للطاقة الكهرومغناطيسية والتزمنا مبدأ عقليا في النظر للمادّة بأنّها في حالة الاستقرار لا بدّ من أن تكون في حالة تماثل تام.

قال ماكسويل بأنّ الطاقة هي تردّد في شدّة المجالين الكهربائي والمغناطيسي. وهما متعامدان على بعضهما البعض في كل لحظة يكون فيها انتقال للطاقة. واستقر لنا من خلال النظر في الظواهر الفيزيائية بأنّها كلها ناتجة عن الحركة. وكشف لنا ماكسويل أيضا أنّ المجالين الكهربائي والمغناطيسي ينتجان لنا قوّة دافعة أيضا عمودية على كليهما. إذن الحركة يجب أن تكون باتجاه القوة الدافعة.

إذن لدينا ثلاثة خصائص تساهم في تشكيل الحيّز: البعد الكهربائي: التيار الكهربائي، والبعد المغناطيسي: شدته، والبعد الحركي وهو طول الموجة. هذه مجتمعة تشكل أبعاد الحيّز.

الآن يأتي دول التماثل التام. التماثل التام من عدمه يعني ثلاثة أشياء:

أولا التماثل التام يعني أنّ الطاقة المكمّمة في ذلك الحيّز مستقرّة وهذا يجعلنا نعتقد بأنّ حيّز التيار يساوي حيّز الحركة الخاصة به وحيز المجال المغناطيسي يساوي حيّز الحركة الخاصة به. أي أنّ هناك حيّز حركي لكل منهما. هذا يعني أننا عندما اعتبرنا أن التيار يماثل نصف القطر، فهو أيضا في حالة الاستقرار يسيطر على حيّز طوله يساوي نصف طول الموجة. وهذا يتطلب أيضا أنّه باعتمادنا أنّ شدّة المجال الكهرومغناطيسي يماثل نصف القطر فإنّه أيضا في حالة الاستقرار يمتلك حيزا طوله يساوي طول نصف الموجة. إذن في الأبعاد الكمومية للحيزات تحت الذرية لدينا العلاقة الآتية:

$$\frac{\lambda}{4} = \mathrm{I} = \mathrm{B} = r \qquad \textbf{(11.1)}$$

طول الموجة مقسوما على 4 وذلك حتى نقترب من الشكل الأمثل لموجتي المجالين الكهربائي والمغناطيسي. لأنّ هذه العلاقة هي الأقرب للتماثل، بحيث تشكل نصف الموجة نصف دائرة، وعند دورانها تصبح كرة كاملة متماثلة تماثلا تامّا.

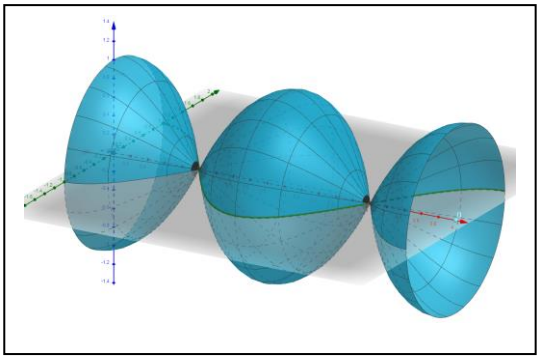
هذه العلاقة تمثّل قيم الأبعاد الكمومية التي من خلالها نستطيع حساب حجم التماثل للحيّز ولا تأخذ الطبيعة المتجهة لتلك المقادير الفيزيائية المتمثلة بقيمة واتجاه. في هذه العلاقة نحن تجاوزنا المادّة وتجاوزنا الطاقة ونتعامل مع كليهما بدلالة أبعاد الحيّز.

الآن في حالة التماثل نستطيع حساب حجم حيّز الطاقة الكمومية. فهو حجم الاسطوانة التي طولها يساوي طول الموجة ونصف قطرها هو نصف اتساع الموجة منقوصا منه الفراغات التي خارج حيّز موجات المجال الكهرومغناطيسي عند تدويرها حول محور طول الموجة. أي أنّ الطاقة هي الكم المتواجد في الحيّز المتمثّل في حجم الكرتين الناتجتين عن دوران موجة المجال المغناطيسي حول محور طول الموجة، أو شبه الكرتين.

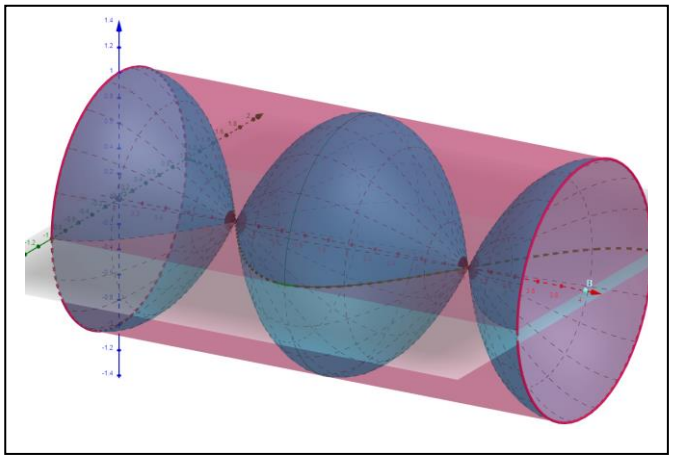
فحجم الكرة هو $\frac{4}{3}\pi r^3$ ، وبما انّ الطاقة الكمومية تتألف من كرتين فإنّ الحجم الكلي هو $\frac{8}{3}\pi r^3$. بينما حجم الاسطوانة هو $\pi r^2 h$ حيث **h**: ارتفاع الاسطوانة، وهو في حالتنا يماثل طول الموجة وهو أيضا أربعة أضعاف نصف القطر. $h = \lambda = 4r$ إذن يصبح حجم الاسطوانة هو $4\pi r^3$

أو بدلالة طول الموجة يكون حجم الكرتين: $\frac{1}{24}\pi\lambda^3$. وحجم الاسطوانة: $\frac{\pi}{16}\lambda^3$

لذلك فإنّ نسبة حجم الكرتين داخل الاسطوانة إلى حجم الاسطوانة هو $\frac{\left(\frac{8}{3}\pi r^3\right)}{\left(4\pi r^3\right)} = \frac{2}{3}$



شكل 11: تدوير دالة الجتا حول المحور السيني



شكل 12: حجم الطاقة (الكرتين) مقارنة بحجم الاسطوانة التي تحتويهما.

لذلك فإنّ العلاقة التي تمثّل الزخم تصبح:

$$P = \frac{2}{3}\pi\lambda IBt \Leftarrow \quad \textbf{(12.1)}$$

وكذلك:

$$P = \frac{2}{3}\pi\lambda qB \quad \textbf{(13.1)}$$

وبدلالة الكتلة نحصل على: $mc = \frac{2}{3}\pi\lambda qB$، وإذا كنا نتعامل مع سرعات أقل من سرعة الضوء تصبح العلاقة: $mv = \frac{2}{3}\pi\lambda qB$

$$m = \frac{2}{3}\pi\left(\frac{\lambda}{c}\right)qB \qquad (14.1)$$

وإذا كان: $\frac{\lambda}{c} = t$ ينتج لدينا:

$$m = \frac{2}{3}\pi qBt \qquad (15.1)$$

$$\frac{dm}{dt} = \frac{2}{3}\pi qB \qquad (16.1)$$

قطبية الشحنة

العلاقة $m = \frac{2}{3}\pi qBt$ تعني أنّ الكتلة هي في الحقيقة شحنة كهربائية. وليس أي نوع من الشحنة، بل الشحنة المتحركة في الزمن والتي يجب أن يكون لها تدفق مغناطيسي. وبما أنّنا توصلنا لهذه العلاقة عن طريق تصور نموذج مجسم للمجال المغناطيسي الناتج عن التيار الناتج عن حركة الشحنة، فهذا يعني أنّ الشحنة في حركة مستمرة، وهذه الحركة تنتج التيار لأنّ التيار هو التغيّر في الشحنة بالنسبة للزمن (بالطبع التغيّر في الشحنة في المكان في الزمان) وهذا يسبب أيضا في ما يصفه علماء الفيزياء بالدوران "Spin". بل إن هذه العلاقة توضح لنا بأنّه لا يوجد شيء اسمه شحنة ساكنة. سكون الشحنة يعني أنّ مجالها المغناطيسي يكون صفرا، وهذا يعني أنّ كتلة حيّزها يساوي صفرا، وهذا يعني أنّ حيّزها صفرا وهذا يعني اللاشيء. وإذا أخذنا الصورة الكونية الكبيرة بالحسبان فإنّه لا يوجد شيء ساكن في كوننا، كل شيء متحرك، وحركة الشحنة (حتى تلك التي نعتبرها ساكنة في مرجعيتنا هي متحركة) لا بدّ أنّها تشكل مجالا كهرومغناطيسيا.

هذه العلاقة بين الكتلة والشحنة تخفي في طياتها دليلا ما زال مجهولا يحدّد الفرق الأساسي بين الكتلة والشحنة، وهو فرق فيزيائي جوهري. فنحن نعلم أنّ الكتلة غير قطبية، بحيث يعتقد فيزيائيا أنّ كل الكتل تجذب بعضها البعض بحسب قانون نيوتن وبحسب منحنيات زمكان آينشتاين. ولكن الشحنات ثنائية القطبية، إما أن تتجاذب وإما أن تتنافر. فوجود علاقة غير قطبية فيما بين الكتلة والشحنة يخلق لنا حاجة للكشف عن سبب انعدام تأثير القطبية عندما يتم تمثيل الكتلة بواسطة الشحنة. وأقرب تفسير غير مخبري يخطر على البال هو أن الكتل المادية تتكون من شحنات ثنائية القطبية، ولكن لهذه الفكرة تبعات غير مألوفة، منها مثلا أنّه لا يمكن لنا أن نتلمس ماديا الالكترون ككتلة، نتلمسه كطاقة كمومية صحيح لكن لا يمكن لنا أن نتلمسه كمادة لأنّ المادّة غير قطبية. فالالكترون لبنة من لبنات بناء الكتلة. وللتخلص من ضرورة عدم القطبية للكتلة يجب علينا أن نعتبر العلاقة التي توصلنا لها بصياغة الكتلة بدلالة الشحنة هي علاقة تمثيل كتلة الطاقة وليس الكتلة المادية المعتادة، أي أنها كتلة قطبية، هي بمثابة قولنا أن ضربة محمد علي كلاي عي 100 كغم! أي أنّنا يمكن أن ننظر للمادّة المعتادة على أنّها مجموع كتل ذات قطبية متعادلة، وهي خليط متكافيء بين كتل قطبية عادل بعضها الآخر. تماما مثل الجزيئات المتأينة، لا يمكن لنا أن نجمع كتل من جزيئات متأينة لها نفس الشحنة، فقط عندما يكون هناك خليط متكافيء من الجزيئات المتأينة المتعاكسة في الشحنة يصبح من الممكن تجميعها في كتل مادية. الكتلة القطبية هي تمثيل رياضي للطاقة الكمومية بصيغة الكتلة. وهذه الصيغة الرياضية هي القناع الذي تتقمصه الطاقة لتصبح كتلة، فهي تخفي القطبية. لكن هذا أيضا يعني أنّ وجود شحنتين متخالفتين في حيزين متجاورين يمكن أن يشكلان مجتمعين كتلة ملموسة كمادة، مثل ذرّة الهيروجين مثلا التي تحتوي حيزين متجاورين (الكترون وبروتون وأحواز لشحنات أخرى)، كل شحنة من هذه الشحنات يتم حساب كتلتها القطبية وتضاف جميعا لتشكل مجتمعة الكتلة المادية الملموسة. فالكتلة

المادية هي مجموع جميع الكتل القطبية للذرة. أي أنّ مبدأ التراكب أو التراكم 'Superposition' يتم اعتماده في حساب كتل أحواز الطاقات الكمومية.

وإن أخذنا بالتدبّر في مستوى أعمق من مستوى حيّز الطاقة، أي التدبّر في ما قبل الشحنة فإنّنا ربما نصل إلى رأي مفاده أنّه لا يوجد شيء ملموس اسمه شحنة! وتعبير 'ملموس' هو كناية عن كون الشيء الممكن لمسه هو مادّة. فالشحنة ليست مادّة، فإنّ لم تكن مادّة يمكن لمسها، فما هي إذن؟ ربما ما يمكن تخيله عقلا دون دليل مخبري هو أنّ الشحنة هي بعد من الأبعاد. وإذا كان لكل بعد اتجاهين. فما نطلق عليه 'الشحنة' قد يكون هو فقط اتجاه المجال الكهربائي. هنا فقط نعطي الملحدين الحق في اعتماد العلم أساسا للإيمان، في العلوم المادية لهم كل الحق في ذلك. فكل شيء فيزيائي لا بدّ وأن يخضع للعلم، وما جهلناه من علوم لا يعني عدم وجوده. وإن كانت الحركة ناتجة عن محرّك، فإنّ لكل نتيجة سبب إلى أن نصل إلى المسبب الأول والذي هو الله سبحانه وتعالى. لكن بما أنّنا نتعلم بناءا على أنّ الله أمرنا بالتعلم وحثّنا عليه وأخبرنا بأنّه وضع في هذا الكون سننا وقوانين تحكمه بدقة فإنّه لا بدّ وأن يكون لكل شيء مادي شيء أنتجه، أو أن يكون هناك شيء قبله.

جيل آينشتاين من علماء الفيزياء شاركوا جميعا في الكشف عن أن ما قبل المادّة هو الطاقة وما يعرف بالانفجار الكبير، فتق الرتق بصيغة القرآن. وفي هذا العمل أدّعي أنّ الطاقة أصلها الشحنة ومجالها الكهربائي. ولكن أيهما الأول، وهل هما شيئان مختلفان أم هما شيء واحد باتجاهين ممكنين وتم الالتباس علينا بينهما فتعاملنا معهما على أنهما شيئان مختلفان في قوانين الفيزياء! وإن كانا مختلفين أيّهما سبب في الآخر: هل المتعارف عليه من أنّ الشحنة هي منبع المجال الكهربائي صواب أم محض تخيّل أم أن المجال هو الذي يخلق الشحنة؟ وإن كانت الشحنة تخلق المجال الكهربائي ومجالها يخلق القوة وقوتها تخلق الحركة

والزخم وحركتها تخلق التيار وتيارها يخلق المجال المغناطيسي وحيزها الذي يحوي كل ذلك يتسبب في وجود لبنة الطاقة وتجمع متنوع من لبنات الطاقة تلك تخلق المادّة، فما الذي يخلق الشحنة؟

إخفاء القطبية في الكتلة لا يعني إلغاء دور الشحنات في الكتلة. هناك قانون فيزيائي بأنّ الشحنة محفوظة، أي أنّها لا تفنى، وإن كانت لا تفنى فمن الطبيعي أنّها لا تستحدث. هذا يعني أنّ دورها لا يمكن إلغاؤه في الطبيعة. الكون كله يقف على وجود الشحنة الكهربائية وليس على المادّة المعتادة، هذا ما تقوله لنا هذه الصيغة الرياضية. فوجود حيّز يحتوي شحنات متعادلة قطبيا لا يعني أنّ كل من تلك الشحنات توقفت عن دورها في العمل! الشحنات لا تعي معنى التوقف عن العمل. هي دائمة الحركة من أجل خلق المجال الكهرومغناطيسي حولها، جيشها (التيار ومجاله المغناطيسي) لا يسمح لها بالتوقف عن العمل. أجسادنا كموميا هي أحواز شحنات كهربائية متحركة بتيار ومجال كهرومغناطيسي، توقفها مستحيل، توقفها يعني الفناء بكل ما تحمل كلمة فناء من معنى.

هذه العلاقة تخلق استفسارات بحاجة لإجابات عن مفهوم المادّة ومضاد المادّة الذي يقول به علماء الفيزياء. من المعلوم أنّهم يأخذون بالقول الذي يقول بأنّ الالكترون إن التقى مع البوزيترون فإنهما يتحدان فيفني كل منهما الآخر ويطلقا طاقة ضوئية. هذه العلاقة تنفي تلك الاحتمالية. لأنها تضع الشحنة في موضع مركزي لبناء الكتلة، أي المادّة. فالشحنة الكهربائية لا تفنى حتى بالتحامها مع مضادها. ويكون الأنسب لنا أن نعتمد أنّ التحام الالكترون مع البوزيترون ينتج لنا جسيما جديدا ما زلنا قاصرين عن اكتشافه والتعامل معه، فهو موجود أو أن تكون الكتلة القطبية كلها تحولت إلى طاقة ضوئية وإن أقررنا بذلك نكون نفينا مبدأ حفظ الشحنة، فعندها تصبح الشحنة بالنسبة للضوء كالطاقة بالنسبة للمادّة من خلال علاقة آينشتاين، مصطلح الكتلة القطبية ضروري

للتأكيد على أنّنا لا نتكلم عن مادّة بل عن جزء من مكونات المادّة. فلا يمكن لنا أن نكوّن مادّة صرفة مهما جمعنا من الكترونات بأعداد هائلة، ستبقى الالكترونات في جميع أحوالها تشكل كتلة قطبية قاصرة عن تشكيل كتلة متعادلة يمكن لمسها. لذلك فإنّ أي جسيم يظهر لنا مخبريا أنّه قد أفني فإنّ ذلك دليل على أنّه ليس جسيما ماديا بل طاقة كمومية غير قادرة على تشكيل المادّة، والفوتون أوضح مثال.

هكذا إذن ننتقل في مفاهيمنا الفيزيائية من المادّة إلى الشحنة. فما كان يعتبر قانونا فيزيائيا مسلما به قبل قرن من الزمان وهو أن المادّة لا تفنى ولا تستحدث، أصبح منخرما بعد اكتشاف آينشتاين لعلاقة تحويل المادّة إلى طاقة وبعد رؤية العلماء بأنّ أصل المادّة كلّها ناتج عن فتق الرتق والتفاعلات النووية التي تبعت ذلك. الآن أصبح لدينا مفهوما آخرا في الفيزياء، وهو أن المادّة أصلها الشحنة. وأن الشحنة الكهربائية هي التي لا تفنى ولا تستحدث، وربما لن تكون الشحنة هي نهاية المطاف!.

وبما أنّنا اعتمدنا مبدأ الحيّز في اكتشاف هذه العلاقة، فلننظر لكثافة المادّة في ذلك الحيّز. فالمعطيات المطلوبة متوفرة لدينا. الحيّز حجمه هو حجم كرتي المجال المغناطيسي وقد وجدنا قيمتهما لتساوي: $\frac{8}{3}\pi r^3$ وأن $\lambda = 4r$

فالحجم إذن بدلالة طول الموجة: $\frac{1}{24}\pi\lambda^3$

والكتلة يمكن لنا استخلاصها من $mc = \frac{2}{3}\pi\lambda qB$ لتكون: $m = \frac{2\pi\lambda qB}{3c}$

الكثافة هي الكتلة مقسومة على الحجم، ومن ما هو متوفر لنا: $\rho = \frac{\frac{2\pi\lambda qB}{3c}}{\frac{\pi\lambda^3}{24}}$ وبتبسيط هذه العلاقة تصبح الكثافة: $\rho = \frac{16qB}{c\lambda^2}$ وما زال مقود هذه العلاقة يؤزّنا على وجود المزيد من التبسيط، فالسرعة هنا هي سرعة انتقال الشحنة خلال طول موجتها، أي أنّ طول الموجة والسرعة يمكن التعامل معهما كمقدار متجانس في عناصره، السرعة هي طول الموجة على الزمن. بتبسيط ذلك يصعد الزمن للبسط ويصبح المقام بدلالة القوة الثالثة لطول الموجة، والقوة الثالثة هي حجم الحيّز (أو حجم قسم منه). إذن العلاقة السابقة تصبح:

$$\rho = \frac{16qBt}{\lambda^3} \qquad (17.1)$$

هذا يعني أنّ كثافة المادّة في الاحواز الكمومية يمكن أن تتغير بالنسبة للزمن.

كما يمكن التعبير عن الكثافة بدلالة التيار الكهربائي ومجاله المغناطيسي كالآتي:

$$\rho = \frac{16IB}{\lambda c^2} \qquad (18.1)$$

وإذا ما التفتنا إلى التردّد فإنّنا نستطيع التعبير عن طول الموجة بواسطة التردّد، وذلك من المتعارف عليه بأنّ:

$$\omega = 2\pi f$$
$$f = \frac{1}{t}$$
$$t = \frac{\lambda}{c}$$

ومنها: $\lambda = \frac{c}{f}$ **بتعوض هذه القيمة في معادلتنا الأصلية نحصل على:**

$$mc = \frac{2}{3}\pi\lambda IBt$$

$$mc = \frac{2}{3}\pi\left(\frac{c}{f}\right)IBt \qquad \textbf{(19.1)}$$

ومنها أيضا:

$$m = \frac{2}{3}\pi IBt^2 \qquad \textbf{(20.1)}$$

ومن هذه العلاقة نستطيع حساب التيار الأساسي للالكترون في حالة الاستقرار:

حيث مر معنا سابقا أن: $\lambda = 2.42\times10^{-12}m$ **و** $\mathrm{B} = 3.366\times10^{8}tesla$

$$I = \frac{3mc^2}{2\pi B\lambda^2}$$

$$I = \frac{3\times9.1\times10^{-31}(3\times10^{8})^2}{2\pi\times3.366\times10^{8}\times(2.42\times10^{8})^2} = 1.98\times10^{-39}A$$

وقد يبدو لنا من النظر في العلاقة $m = \frac{2}{3}\pi IBt^2$ **أن الكتلة تتغير مع الزمن. وهذا غير مألوف فيزيائيا لأننا كنا نعتقد بأنّ المادّة لا تفنى ولا تستحدث، ثمّ توصلنا إلى أن الطاقة في الحقيقة هي الذي لا يفنى ولا يستحدث وأن المادّة يمكن تحويلها إلى طاقة وفقدانها، والآن في هذا البحث رأينا أنّ الطاقة هي أيضا مستحدثة وأن الذي لا يفنى ولا يستحدث هو الشحنة الكهربائية. لذلك فإنّ المتغير في العلاقة** $m = \frac{2}{3}\pi IBt^2$ **هو كل شيء بحيث أن معدل تغيرها في الزمن دائما يعطي شيئا ثابتا ما دام هناك حالة استقرار.**

وحدة عزم كتلة الحيّز

انتهينا في تحليلنا لسلوك الشحنة في حيّزها إلى المعادلة: $P = \frac{2}{3}\pi\lambda IBt$ وهذه وحدتها بحسب النظام العالمي القياسي هي:

$\frac{m.A.Kg.\mathrm{s}}{A.\mathrm{s}^2} = \frac{kg.m}{s}$ وهي وحدة الزخم (نيوتن.ثانية) وأنا أحبذ أن أسمي هذه الوحدة 'حزكة' أو 'حزقة' وهما بنفس المعنى (الحزك والحزق: حزم الشيء وشدّه وضغطه)، وذلك كناية عن مصدر ابداعها، وهو الحيّز الذي يحبس ويضغط ويشد الطاقة الممثلة للكتلة.

وربما يجول في خاطرك: ولماذا استعمال وحدة جديدة إذا كانت تلك الصيغة الرياضية هي فقط صيغة أخرى لمقدار فيزيائي معروف من قبل وهو الزخم. والجواب لأنّ هذه الصيغة الرياضية للعزم تحمل في طياتها مستوى متقدم من الفيزياء. مستوى أعلى من مستوى فيزياء آينشتاين الذي أعطى لمنحنيات الزمكان معنى فيزيائا ربط فيه بين الجاذبية والتسارع.

هذه الصيغة الرياضية الجديدة للعزم تربط بين الكتلة وحيزها عن طريق الشحنة وطاقتها الكمومية. فهي حجر الأساس في توحيد الحيّز بالكتلة بواسطة الطاقة. فهي تستحق فعلا أن يكون لها وحدة خاصة بها تدل على معناها ودورها الفيزيائي. ولا تنسى أن الحزك أيضا معنى من معاني الزخم فوحدة الحزك تناسب المعنى التقليدي للزخم.

وسيتبين معنا عند عرض هذه العلاقة على قوانين الفيزياء الموجودة والتي تتواءم مع تضمين هذه العلاقة أنّ هذه العلاقة فيما بين الكتلة من جهة والشحنة والمجال المغناطيسي من جهة ثانية توحد عالمي الفيزياء: عالم نيوتن وعالم ماكسويل. فبواسطتها سترى أن قانون نيوتن الثاني يصبح قانون لورنتز وأن الطاقة الحركية والشغل يصبحان قانون آينشتاين للربط بين الكتلة والطاقة. أليس ذلك عظيما؟

قوّة الحيّز وتعديل الثابت

من المعلوم أنّ القوة هي معدل التغيّر في الزخم مع مرور الزمن، أي أن: $F = \frac{dp}{dt}$ ، وبما أن $P = \frac{2}{3}\pi\lambda IBt$ فإنّ القوة ستكون:

$$F = \frac{2}{3}\pi\lambda IB \qquad (21.1)$$

كما يمكننا إدخال عنصر الزمن في القوة بتبديل التيار بالشحنة على الزمن فيصبح المجال المغناطيسي بدلالة القوة:

$$F = \frac{2}{3}\pi\lambda\left(\frac{q}{t}\right)B$$

$$B = \frac{3}{2\pi\lambda q}Ft \qquad (22.1)$$

واضح الآن أن المعادلة الجديدة يمكن أيضا التعبير عنها بواسطة المجال الكهربائي بالاستعاضة عن القوة الكهربائية (قانون كولومب) والشحنة:

$$B = \frac{3}{2\pi\lambda}Et \qquad (23.1)$$

أي أنّ المجال المغناطيسي هو أيضا معدل التغيّر في (ليّ المجال الكهربائي) بالنسبة للزمن وهو ما نجده في معادلة ماكسويل ($\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$). وبالتعويض عن الزمن وطول الموجة بسرعة الضوء نحصل على

$$B = \frac{3}{2\pi}\frac{E}{c} \qquad (24.1)$$

$$\frac{2\pi}{3}c = \frac{E}{B} \qquad (25.1)$$

وبافتراض صوابية العلاقة $c = \frac{E}{B}$ ، تكون معادلتي فيها نسبة خطأ بمقدار $\frac{2\pi}{3}$.

ربما اخطات التقدير في تصور شكل الحيّز المفترض للالكترون. فقد افترضنا أن حجم حيّز طاقة الالكترون هو ثلثي حجم الاسطوانة المفترضة والتي نصف قطرها المجال المغناطيسي وارتفاعها طول الموجة. فإنّ كانت العلاقة التي تربط المجال المغناطيسي مع المجال الكهربائي هي أنّ المجال الكهربائي يساوي حاصل ضرب المجال المغناطيسي في سرعة الضوء فإنّ في علاقتي هذه في المعادلة السابقة ثابت يجب التخلص منه. وهذا الثابت جاء في الأصل من النموذج الذي افترضته لشكل حيّز طاقة الالكترون.

الثابت يجب أن يكون 1 وهو الآن: $\frac{2\pi}{3}$، لجعل هذا الثابت يساوي 1، نضربه في معكوسه: $\frac{3}{2\pi}$

هذا يعني أنّ العلاقة الأصلية التي ابتدأنا منها يجب أن تضرب في هذا الثابت:

$$P = \frac{2}{3}\pi\lambda IBt\left(\frac{3}{2\pi}\right)$$

$$P = \lambda IBt \qquad (26.1)$$

وبما أنّ الاختلاف الحاصل يتمثّل في عدد ثابت فلا ضير في الاستغناء عنه لسببين: الأول هو ربما أن يكون هذا الثابت غير صحيح والثاني هو حتى يكون هناك تناغم مع المعلوم من قوانين الفيزياء، كما أنّ في ذلك أيضا تبسيط محبذ في شكل الصيغ الرياضية. وفي النهاية هذا ثابت عددي يقارب الضعف في قيمته، فتأثيره الفيزيائي على العلاقات الرياضية لا يتعدّى القيمة العددية.

هل E=cB

وبما أنّ الأمر كذلك فإني لن أصوب العمل الذي ابتدأت به في تقدير حجم الحيّز – فيما سبق من أبواب – حتى يرى الباحث الطريقة التي تطورت بها أفكاري وبحثي والصيغة التي توصلت إليها، فالأفكار أمامه وهو يستطيع أن يعيد تطبيق الصيغة بصورتها الأصيلة قبل تعديل معاملها الثابت الذي تبين معي احتمال خطئه في الباب السابق.

وإذا حاولنا استيضاح العلاقة بين المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي فإنّنا سنبدأ من الشكل العام لمعادلتي المجالين، وهما:

$$E = \hat{z}\, E_o \sin(\mathrm{k}\, y - \omega t)\text{ ، }B = \hat{x}\, B_o \sin(\mathrm{k}\, y - \omega t)$$

وزاوية الطور لهذه الموجة هي $(\mathrm{k}\, y - \omega t)$**، بينما النسبة بين** $(\frac{\omega}{\mathrm{k}})$ **تمثّل سرعة انتشار الموجة:** $(\mathrm{v} = \frac{\omega}{\mathrm{k}} = \frac{2\pi f}{\mathrm{k}} = \frac{2\pi}{\mathrm{kt}})$ **ومنها طول الموجة:** $(\mathrm{vt} = \frac{2\pi}{\mathrm{k}} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{\mathrm{k}})$

الآن إن استخدمنا الشكل العام للمعادلتين فإنّ:

$curlE = \hat{x}\frac{\partial E_z}{\partial y} = \hat{x}\mathrm{k}\, E_o \cos(\mathrm{k}\, y - \omega t)$ **وبمساواة هذه مع معادلة ماكسويل في الفراغ القائلة:** $curlE = -\frac{\partial B}{\partial t}$**، فعندما نجد** $\frac{\partial B}{\partial t}$ **من** $B = \hat{x}\, B_o \sin(\mathrm{k}\, y - \omega t)$

$$\frac{\partial B}{\partial t} = -\omega\, \hat{x}\, B_o \cos(\mathrm{k}\, y - \omega t)$$

الآن: $curlE = curlE$ **إذن:** $\mathrm{kE}_o \cos(\mathrm{k}\, y - \omega t) = \omega B_o \cos(\mathrm{k}\, y - \omega t)$

ومنها: $\mathrm{k}\, E_o = \omega B_o$ **وهذه هي نفس الصيغة:** $E_o = vB_o$

وإذا تتبعنا الاشتقاق على معادلة المجال المغناطيسي نجد أنّ:

$$curlB = -\hat{z}\frac{\partial B_x}{\partial y} = -k\,\hat{z}\,B_o\cos(\mathrm{k}\,y-\omega t)$$

بينما من معادلة ماكسويل للفراغ: $curlB = \mu_o\varepsilon_o\dfrac{\partial E}{\partial t}$

ومشتقة المجال الكهربائي بالنسبة للزمن هي: $\dfrac{\partial E}{\partial t} = -\omega\,\hat{z}\,E_o\cos(\mathrm{k}\,y-\omega t)$

إذن: $\mu_o\varepsilon_o\left(-\omega\,\hat{z}\,E_o\cos(\mathrm{k}\,y-\omega t)\right) = -k\,\hat{z}\,B_o\cos(\mathrm{k}\,y-\omega t)$

$\mu_o\varepsilon_o\left(\omega E_o\right) = kB_o$ **ومنها:** $E_o = \dfrac{k}{\omega}c^2B_o$ **، هذا يعني أنّه عندما:** $v = c$ **، و** $\mu_o\varepsilon_o = \dfrac{1}{c^2}$

تكون: $E_o = cB_o$

لذلك وحتى تتناغم تطبيقات الصيغة الجديدة على بقية قوانين الفيزياء فإنني عند تطبيق الصيغة على قوانين الفيزياء الأخرى ساستعمل الصيغة المعدلة التي تتناغم مع كون $E = cB$ **في هذا الباب وهي:** $P = \lambda IBt$ **وليس** $P = \dfrac{2}{3}\pi\lambda IBt$ **.**

$$P = \lambda IBt \qquad \textbf{(27.1)}$$

دور المجال الكهربائي:

وقد يخطر بالبال سؤال منطقي وهو لماذا أخذنا المجال المغناطيسي بعين الاعتبار بينما أهملنا المجال الكهربائي في علاقتنا، وقد دأب الفيزيائيون منذ ماكسويل على اعتماد المجالين في فهم العلاقات الكهرومغناطيسية وطاقتها.

والجواب هو أنّ هناك أكثر من سبب يدعو لاعتماد التيار الكهربائي بدل المجال الكهربائي:

الأول: أنّ المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي والتيار ثلاثتها ناتجة عن وجود الشحنة وحركتها. بينما هناك اختلاف جوهري في واحد منها واتفاق اثنين آخرين، وهو أن المجال الكهربائي لا يشكل طاقة في حد ذاته، بل هو منتج للطاقة وهو إما ان يكون صادرا عن منبع أو يصب في مصرف، والمنبع والمصرف ليسا متلازمي الوجود ضرورة لوجود المجال الكهربائي، بالرغم من أنّ العقل يستوجب وجود تعادل في عدد المنابع وعدد المصارف للشحنات. فوجود مجالين متشابهين (منبعين أو مصرفين) لا يشكل لنا طاقة، فالتنافر قوّة وليس طاقة، ووجود مجالين متعاكسين (منبع ومصرف) أيضا لا يشكل لنا طاقة فالتجاذب قوّة وليس طاقة.

المجال الكهربائي صفة ملازمة للشحنة في جميع احوالها. وإن تدبرنا دور المجال الكهربائي سنجد أنه هو المسؤول الأول والأخير عن وجود الحيّز الذي تمتلكه الشحنة. وهناك تصور أظنه خاطيء في أن خطوط المجال الكهربائي تنطلق من الشحنة وتنتشر كرويا إلى مالانهاية. هذا التصور قد يكون سليما إن اعتبرنا نظريا أن الشحنة في فراغ ولا يحيط بها شحنات كهربائية أخرى. ولكن كل محتويات الكون هي في أصلها شحنات، فكل ذرّة لأي مادّة هي عبارة عن تركيب معين لعدد من الشحنات، لذلك لا يوجد في الكون شحنة حرة طليقة تمتلك فراغا غير متنازع فيه مع شحنة أخرى. وحتى تكتمل الصورة في فهم دور المجال الكهربائي في تشكيل الطاقة ومن ثمّ المادّة، فإنّ لكل شحنة مجالها إما الصادر عنها أو القادم إليها بحسب قطبيتها. تصور دور المجال الكهربائي عندما تكون الشحنتين مختلفتين في القطبية سهلا، عندها تلعب كل شحنة من الشحنتين دور قطب من قطبي المغناطيس وتلتصقان ببعضهما البعض وتكون خطوط المجال الكهربائي كأنها خطوط مجال مغناطيسي صادرة عن قطب وتصب في القطب الآخر. أما عندما تكون الشحنتين متشابهتين في القطبية فإنّنا لا يمكن لنا أن نتصور أن المجال الكهربائي لأي منهما

سيسمح لخطوط المجال الكهربائي للأخرى من أن تقترب من شحنتها وهكذا يتشكل الحيّز للشحنة. هذا التنافر والصدّ بين المجالين سيشكل الحيّز وسيتسبب كل منهما في دوران الآخر مما يخلق الحركة التي تخلق التيار والمجال المغناطيسي. إذن أهم لغز فيزيائي محيّر إن فهمناه فهمنا الكون هو ماهية الشحنة الكهربائية وماهية مجالها الكهربائي.

بينما المجال المغناطيسي يتشابه مع التيار الكهربائي في أنهما كليهما ناتجان عن حركة الشحنة. ومن أبسط أشكال الطاقة هي الشغل، فحركة الشحنة تعني أن هناك قوّة تحركها، والمسافة التي تقطعها تعني أن هناك شغلا ناتج عن تلك القوة المسببة في قطع تلك المسافة. والشغل طاقة، فماذا ينتج عن تلك الطاقة المتمثلة في حركة الشحنة؟ الجواب معلوم وطبيعي: التيار والمجال المغناطيسي.

والتشابه الثاني بين المجال المغناطيسي والتيار الكهربائي هو ضرورة تلازم وجود المنبع والمصرف لكل منهما في نفس الوقت. فلا يوجد تيار دون منبع ومصرف ولا يوجد مجال مغناطيسي دون منبع ومصرف، ولا يوجد منبع ومصرف دون وجود فاصل بينهما (ما اعتبرناه هنا طول الموجة).

التشابه الثالث بين التيار والمجال المغناطيسي، وهو أيضا يشكل اختلافا عن المجال الكهربائي، هو أن كليهما محليان. التيار الصادر عن حركة الشحنة هو تغيّر الشحنة في الزمن على طول مسافة الموجة أي أنّ التيار يسير ذهابا وإيابا فقط داخل سعة الموجة وحيز الشحنة ولا يتجاوزها والمجال المغناطيسي أيضا يحيط بمسار التيار داخل حيّز الشحنة.

لكن من خلال هذا التدبّر لحيّز الشحنة وما يحدث فيه نستطيع أن نقول بأنّ المجال الكهربائي يمكن اعتباره على أنّه القوة التي بها تتحرك الشحنة خلال حيّزها فتنتج لنا

التيار والمجال المغناطيسي. وبما أننا نتكلم عن حيّز للشحنة فإنّ ذلك الحيّز ليس موجودا في فراغ، لكن يوجد هناك شحنات في أحواز مجاورة له من جميع الجهات، فالشحنة محاطة بشحنات من كل الجهات، فلا يمكن إذن تصوّر أن يكون تأثير القوى المؤثّرة على الشحنة من جميع الجهات بنفس النتيجة. لا بدّ من توزع الأدوار: لا بدّ من أن يكون هناك قوى تتسبب في حركة الشحنة تنافرا وتجاذبا على طرفي الحيّز بينما القوى الأخرى المحيطة بجوانب الحيّز (مفترضين أن الحيّز اسطواني الشكل) تتسبب في دوران ذلك الحيّز وربما أيضا يكون الدوران ذاتي المنبع نتيجة اتجاه خطوط المجال المغناطيسي، أو دوران الطاقة في ذلك الحيّز. إذن المجالات الكهربائية تتسبب في حركتين للشحنات: دفعا وجذبا والأخرى دورانا. وهكذا يمكننا هنا تصور دور رئيس لقانون كولومب في دفع الشحنة في حيّزها لشحنة في الحيّز المجاور تبادليا. فلنأخذ دور الشحنات التي تدفع بعضها البعض. لنرى ماذا يمكن أن نتعلم من تدافعها.

كل حيزين متجاورين يؤثران في بعضهما البعض. فإذا لجأنا للبعد الصفري وأسكنّا كل ما سوى ذلك فإنّ الشحنتين ستتنافران (على افتراض أننا ننظر في أحواز الالكرتونات المجاورة) وستقبع كل شحنة من الشحنتين في نهايتي الحيزين، كل شحنة في الطرف الأبعد للحيّز عن جارتها. وهكذا فلن يتغير شيء ولن يكون هناك لا طاقة كمومية ولا تيار ولا مجال مغناطيسي. إذن لا بدّ من وجود قوّة دفع من الجهة الأخرى، وكأن الشحنة عليها أن تتأرجح بين الطرفين مرة بتأثير الشحنة المجاورة لها يسارا ومرة ثانية بتأثير الشحنة المجاورة لها من الطرف الآخر. هذا يعني أنّه عندما تبتعد الشحنة عن إحدى جاراتها تكون تقترب من أخرى وعندما تقترب من الأخيرة تتنافر وتعود لتقترب من الأولى وعزمها ومحصلة قواها لا تسمح لها بالسكون، فهي دائمة الحركة، هكذا علينا أن نتصوّر الشحنة في حيّزها، ممنوعة من السكون.

في الواقع لا يوجد حاجة لتسكين ما حول الشحنة المتتقاه للنظر في تأثير قوّة كولمب عليها. تلقائيا يكون التأثير المحسوب على شحنة ما هو ناتج عن نفس المقدار من الشحنة مالم نهيء لها ترتيبا مخبريا متحكما فيه، كأن نعرِّضها مثلا للوح مشحون مخبريا بالشحنات الكهربائية. أما باختيارنا نظريا لشحنة ما من الطبيعة بافتراض وجود شحنة ما فإنّ قانون كولومب لا بدّ وأن تكون نتيجته هو تأثير نفس الشحنة عليها والمسافة بينهما اختيارية. وذلك لأنّ الكون متعادل الشحنة، لا يوجد سبب يدعونا عقلا لأنّ نفترض غير ذلك، وجود عدم تعادل يعني الاضطراب وبحاجة لسبب مقنع. العقل والمنطق يقودانا لأنّ نعتقد بأنّ الكون متعادل الشحنة كهربائيا. فعندما نختار شحنة معينة ونخرجها من الواقع في نظامنا الرياضي – قانون كولومب – فإنّ الشحنة المتبقية في الكون تكون مقدار ما في الكون من شحنات ناقص الشحنة التي اخترناها للدراسة، لذلك فإنّ ما يؤثّر عليها هو مقدار الزيادة عن النصف في ما تبقى من شحنات. لأنّ اختيارنا للنقطة التي تمثّل موقع الشحنة يقسم الكون إلى شطرين: يمين ويسار أو أعلى وأسفل. فنقصان الشحنة يعني أنّ أحد الشقين يحمل في طياته نفس المقدار من الشحنة زيادة عن الشطر الثاني. لذلك فإنّ الشطر الأقل سيعادل من تأثير الشطر الأكثر بقدر شحناته ويتبقى مقدار ما يزيد عنه للتأثير في الشحنة المختارة للدراسة. لذلك سيكون ما تبقى هو نفس مقدار ما تم اختياره. لذلك فإنّ افترضنا أنّنا اخترنا 10 كولومب دون تهيئة ترتيبات مخبرية متحكم بها فإنّ الشحنة الثانية التي ستدخل في قانون كولومب والتي ستؤثّر على تلك الشحنة هي أيضا 10 كولومب. ونستطيع تسمية هذا المبدأ على أنّه مبدأ التعادل في شحنات الكون.

الآن هناك تحريك للشحنة، فهناك شغل يتم بذله، وبقانون حفظ الطاقة فإنّ الشغل المبذول يجب أن لا يضيع ولكنه يتحول لطاقة كمومية، هي الطاقة التي افترضنا أنها تشكل لُبنة من لبنات بناء المادّة. وأقتصر النظر في طاقة الحيّز وهو في حالة الاستقرار، أي

دون تهييج خارجي، أي دون إطلاق طاقة على شكل فوتونات ضوء. الشغل المبذول هو فقط ذلك اللازم لتحريك الشحنة داخل حيّزها لتنتج التيار والمجال المغناطيسي الكفيل بإبقائها في ذلك الحيّز والكفيل بدوام الكون على الصورة التي هي عليه.

إذن: الشغل المبذول = الطاقة الناتجة

القوة في المسافة = الزخم في السرعة

قوّة كولومب × طول الموجة = الزخم الناتج في سرعة الضوء (ما دمنا نتعامل مع الطاقة فمن الأفضل أن نعتمد سرعة الضوء، بينما هذه المعادلة تصلح لأي سرعة)

$$F_c\lambda = pc$$

$$k\frac{qq_e}{\lambda^2}\lambda = \lambda IBtc$$

حيث q_e: هي شحنة الالكترون، و q: هي الشحنة الخارجية المؤثّرة عليها. وبما أنّنا نتحدث عن حالة الاستقرار دون تهييج ودون تأثيرات مخبرية متحكم بها فإنّ مبدأ التعادل في الكون يحتم أن تكون: $q_e = q$ وبما أن التيار في الزمن هو شحنة الالكترون، فإنه يتبقى لدينا الشحنة الخارجية. وبمزيد من الترتيب والتبسيط تصبح المعادلة:

$$B = \frac{kq}{\lambda^2 c} \qquad \textbf{(28.1)}$$

وبمعرفة هذه العلاقة الآن نستطيع حساب قيمة الحدّ الأدنى للمجال المغناطيسي للالكترون في حالة الاستقرار، أي نظريا دون إعداد بيئة متحكم بها مخبريا. الالكترون الأكثر تأثيرا على أي الكترون هو الالكترون الأقرب له، أي أنّ المسافة بينهما هي فقط طول موجة الالكترون (تخيّل اسطوانة حيّز الالكترون الذي ابتدأنا به).

فإذا كانت شحنة الالكترون: 1.6×10^{-19}كولومب، والثابت: k = $8.99\times10^{9}\,Nm^{2}C^{-2}$ ، وطول موجته محسوبة في باب آخر: $\lambda=2.81\times10^{-15}m$ ، وسرعة الضوء $c=3\times10^{8}\,ms^{-1}$ بذلك يكون المجال المغناطيسي للالكترون المستقر:

$$B=\frac{8.99\times10^{9}\times1.6\times10^{-19}}{\left(2.81\times10^{-15}\right)^{2}\times3\times10^{8}}$$

ومنها $B=6.0722\times10^{10}Tesla$

كما أنّنا نستطيع اشتقاق معادلة المجال المغناطيسي بدلالة التيار من: $B=\frac{kq}{\lambda^{2}c}$ وذلك كالآتي:

$$B=\frac{kq}{\lambda^{2}c}=\frac{kIt}{\lambda^{2}c}=\frac{kI}{\lambda\left(\frac{\lambda}{t}\right)c}=\frac{kI}{\lambda c^{2}}$$

$$B=\frac{\mu_0\varepsilon_0 I}{4\pi\varepsilon_0\lambda}$$

$$B=\frac{\mu_0 I}{16\pi r} \qquad (29.1)$$

لاحظ أنّ الفرق بين العلاقة هذه وبين العلاقة المتعارف عليها: $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ هو ناتج عن اعتبار $\lambda=4r$ بينما حتى تكون علاقتنا مساوية للعلاقة المتعارف عليها فإنّ: $\lambda=\frac{1}{2}r$

كما أنّنا نستطيع المضي قدما في تبسيط $B=\frac{kq}{\lambda^{2}c}$ للتعبير عن المجال المغناطيسي بدلالة كثافة الشحنة، أسوة بمعادلة ماكسويل للمجال الكهربائي. فإذا كانت السرعة (c) هي المسافة على الزمن، والمسافة هنا هي طول الموجة، وحجم الحيّز: $\frac{1}{24}\pi\lambda^{3}$ عندها يصبح لدينا:

$$B = \frac{kq}{\lambda^2\left(\frac{\lambda}{t}\right)} = \frac{kqt}{\lambda^3} = \frac{\pi kqt}{24\left(\frac{1}{24}\pi\lambda^3\right)}$$

$$B = \frac{\pi k}{24}\rho_{q_V} t = \frac{\rho_{q_V} t}{96\varepsilon_o} \qquad \textbf{(30.1)}$$

فهذه العلاقة تخبرنا عن سلوك الشحنة في الحجم في الزمن، وهذه المعادلة تربط معادلتي ماكسويل ببعضهما البعض: معادلة تدفق المجال الكهربائي التي تربط المجال الكهربائي بكثافة الشحنة في الحجم ($\nabla.\mathrm{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_o}$)، ومعادلة الحث لفراداي ($\nabla\times\mathrm{E} = -\frac{\partial \mathrm{B}}{\partial t}$).

لاحظ أن مبدأ التعادل الكوني أتاح لنا اعتبار أن كثافة الشحنة المؤثّرة بالنسبة لحيزها هي نفس كثافة الشحنة المؤثر عليها بالنسبة لحيزها.

أي أن: $B = \nabla.\mathrm{E}\frac{t}{96}$

$$B = \frac{t}{96}\nabla.\mathrm{E} \qquad \textbf{(31.1)}$$

ومن علاقة ماكسويل: $CurlE = \nabla\times\mathrm{E} = -\frac{\partial \mathrm{B}}{\partial t}$ **نحصل على:**

$$\nabla\times\mathrm{E} = -\frac{\pi k}{24}\rho_{q_V} \qquad \textbf{(32.1)}$$

بعبارة أخرى نرى أن:

$$\nabla\times\mathrm{E} = -\frac{1}{96}\frac{\partial\left(\nabla.\mathrm{E}t\right)}{\partial t} = -\frac{1}{96}\nabla.\mathrm{E}$$

$$\nabla\times\mathrm{E} = -\frac{1}{96}\nabla.\mathrm{E} \qquad \textbf{(33.1)}$$

هذه النتائج كانت باعتماد كثافة الشحنة بالنسبة للحجم، لكن المعهود أيضا هو التعامل مع كثافة الشحنة بالنسبة لمساحة سطح الكرة. وبهذا تكون المساحة $4\pi r^2$ وإذا التزمنا أنّ: $\lambda = 4r$ فإنّ المساحة تكون: $\frac{1}{4}\pi\lambda^2$ وعليه فإن معادلة المجال المغناطيسي يمكن لنا صياغتها بدلالة كثافة الشحنة بالنسبة لسطح الكرة:

$$B = \frac{kq}{\lambda^2\left(\frac{\lambda}{t}\right)} = \frac{kqt}{\lambda^3} = \frac{\pi kqt}{4\lambda\left(\frac{1}{4}\pi\lambda^2\right)}$$

$$B = \frac{\rho_{q_A}}{16\varepsilon_0 \frac{\lambda}{t}}$$

$$B = \frac{\rho_{q_A}}{16\varepsilon_0 c} = \frac{\mu_0 c \rho_{q_A}}{16} \qquad \textbf{(34.1)}$$

إذن هنا أيضا نرى علاقة ماكسويل:

$$\nabla \times \mathrm{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\frac{\rho_{q_A} t}{16\varepsilon_0 \lambda} = -\frac{1}{16\lambda}\nabla.\mathrm{E}$$

$$\nabla \times \mathrm{E} = -\frac{1}{16\lambda}\nabla.\mathrm{E}$$

واستطرادا لتوضيح مفاهيم العمليات الرياضية المطبقة على المجالين الكهربائي والمغناطيسي في العلاقات السابقة نقول:

1- عملية الاشتقاق المعتادة – وهي الاشتقاق الجزئي هنا لأننا نتعامل مع مجالات منتشرة في أوساط ثلاثية الأبعاد فعند تعدّد المتغيرات نستخدم الاشتقاق الجزئي

الذي رمزه $\frac{\partial}{\partial x}$ ويرمز لها برمز المثلث ويسمى 'دِل ∇ Del' وتسمى أيضا الميل أو الانحدار 'gradient'. وعند تطبيق هذه العملية على مجال عددي فإنّ النتيجة تكون مجال متجهات، بحيث تمثّل كل متجهة بالنسبة للعدد الذي تمثله إتجاه أكبر تغيّر مجاور له. أو أن تكون كل متجهة صادرة عن موقع ذلك العدد في المجال لها حجم يناسب مقدار التغيّر ما بين أصل المتجهة وهو العدد الذي تنبع منه وبين رأس المتجهة وهو العدد الذي تؤشر إليه. أما عند تطبيق هذه العملية على المجالات (العددية أو المتجهة) فإنّ علم الرياضيات اصطلح نوعين أو طريقتين لتطبيق هذه العملية على المجالات، وهما:

2- منبع التدفق العمودي، وهو مقدار المتجهات العمودية التي تخرج من سطح معين (عمودية على ذلك السطح)، واصطلح عليه بالانجليزية باسم 'Divergence' ويرمز له برمز 'دِل' السابق مضافا له نقطة بجانبه ($\nabla.$) ويقرأ 'Divergence'، وتطبيق هذه العملية على مجال متجهات يعطينا مجالا عدديا ويكون موجبا إن كان التدفق صادرا (منبع) وسالبا إن كان التدفق واردا (مصرف). أي أنّ معامل التدفق هو عكس معامل الاشتقاق فيما يخص نوعية المجال الناتج، ليس بمفهوم التكامل بالنسبة للتفاضل ولكن بمفهوم نوع المجال الناتج ما بين أعداد ومتجهات. والعملية تتضمن الجمع العددي للمشتقات الجزئية، كل مشتقة في مكانها.

3- مقدار اللي أو الانحراف وبالانجليزيه اسموه Curl، وهو مقدار الدوران الذي تشكله المتجهات في المجال عند نقطة معينة. ويرمز له برمز 'دِل' السابق مضافا إليه علامة الضرب المعتادة ($\nabla\times$) ويقرا 'Curl of'. وتطبيق هذه العملية على مجال متجهات يعطينا مجال متجهات آخر. والآلية التي يتم بها تطبيق هذه العملية هو عن طريق إيجاد محددة المصفوفة التي تمثّل صفوف: الأبعاد في الصف الأول وتحت

كل بعد عنصره من المشتقة الجزئية التابعة له في الصف الثاني ودالّة المجال في الصف الثالث لكل بعد تحته دالّته الخاصة به.

فكما نرى هذه العمليات هي عمليات اصطلاحية ثبتها علماء الرياضيات ولها معاني فيزيائية. تماما كما هي عمليات الضرب والجمع والطرح والقسمة والجذر ... الخ. فلا يوجد شيء غريب فيها سوى غرابتها للمبتديء. وكما ترى فإنّ هناك معاني أخرى ممكنة لتطبيق هاتين العمليتين على المجالات، وربما تكمن غرابتها في أنها تفهم على نحو أفضل عند تطبيقها على المجالات وليس على القيم المستقلة. فمناسبتها للمجالات تعني أنها تتعلق بمفاهيم ثلاثية الأبعاد، وفي أقل الأحول ثنائية الأبعاد. حتى المجالات العددية الناتجة عن عملية التدفق فإنها لا تفهم إن اقتصرنا نظرتنا على عملية حسابية واحدة لنقطة واحدة، أقل مستوى قادر على توصيل معلومة عن التدفق هو ثنائي الأبعاد (التدفق من خلال مساحة).

ولفهم العلاقة بين المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي علينا دائما أن نستحضر في وعينا أنهما دائما متعامدين للمصدر الواحد. ولذلك فعندما نحاول مساواه معادلات المجال الكهربائي مع المجال المغناطيسي علينا أن نأخذ هذا التعامد بعين الاعتبار. فمثلا القوة الناتجة عن الشحنة الكهربائية ستكون بنفس اتجاه المجال الكهربائي ولكنها عمودية على كل من اتجاه الحركة وعمودية على اتجاه المجال المغناطيسي.

الالكترون المستقر

بما أن المادّة هي طاقة مستقرّة فإنّه لا يعقل أن تكون طاقة أقل جزء من تلك المادّة مساوية للصفر. إذن مقدار طاقة الاستقرار للالكترون لا تساوي صفر، وذلك لسببين: الأول هو ما ذكرناه للتو من أن مجموع الجسيمات تحت الذرية هي ما يكوّن الذرّة والذرّة هي أساس المادّة. فأساس المادّة ذرّات، فلا يوجد مادّة إن لم يوجد ذرّات، وأساس الذرّات

طاقة، فلا يوجد ذرّات إن لم تحتو على طاقة. والثاني لأنّه لا يوجد ذرّة ساكنة سكونا مطلقا ومن ثمّ لا يوجد الكترون ساكنا سكونا مطلقا، في حالة الاستقرار يكون تأثير طاقة الالكترون على ما حوله من الكترونات الذرّات الأخرى معدوما، أي صفر القيمة.

وإن عدنا للتصور القائل بأنّ الطاقة هي عبارة عن تغيّر في المجالين الكهربائي والمغناطيسي، وخاصّة ذلك ما يعرف بطاقة الضوء، فإنّه لا يوجد أي مبرّر لأنّ تكون طاقة الجسيمات التحت ذرية من نوع آخر. فهذه الطاقة تحمل في طياتها أيضا القوى الكهربائية والمغناطيسية. وخصائص تلك الطاقة أنّها تتمثل في موجات ومن خصائص الموجات أنّها تتناوب في القطبية. لذلك فإنّ الالكترون هو سالب الشحنة في نصف دورته وموجب الشحنة في النصف الآخر من دورته. وهو في حركة مستمرة وتنقل مستمر ما بين أن يكون سالبا وموجبا. فإنّ اعرنا انتباهنا لنصف دورته، نصف موجته، فإنّنا نكون إما راقبنا نصفه السالب ويتمثل لنا بأنّه يسير في اتجاه معين، أو إن نقلنا انتباهنا للنصف الآخر فإنّنا نراه معاكسا ليس فقط في الشحنة، بل معاكسا أيضا في الاتجاه. وكذلك الحال بالنسبة لمجاله المغناطيسي. هذا هو معنى استقرار الطاقة الكمومية في حيّزها، استقرار فوق الصفر في القيمة ودائم الحركة والتردّد في القطبية والاتجاه. لذلك لا يهم إن اعتبرنا التيار الكهربائي في معادلاتنا في تحليل الدوائر الكهربائية هو انتقال الشحنة السالبة أو انتقال الفراغات الموجبة ما دمنا أعرنا انتباهنا لإشارة الاتجاه، اتجاه السالبة معاكس لاتجاه الموجبة، فالسالب والموجب الفيزيائيين هما افتراضان يستوجبان التلازم والاعتمادية. فلا يجوز لنا في نفس التجربة تغيير الافتراض ما بين السالب والموجب للرموز الممثلة للشحنات والطاقات، بل يجب ثبات الاعتماد الذي افترضناه في البداية حتى النهاية. والنتائج لن تتغير بإعادة التمثيل بتبديله وثبات اعتماده.

طول موجة الالكترون المستقر

ابتدأت البحث في الطاقة الكمومية النظري بافتراض وجود حيّز اسطواني الشكل للالكترون، ثمّ حسبنا حجم ذلك الحيّز بناءا على نموذج ماكسويل للمجال الكهرومغناطيسي على أنّه حجم كرتين متماثلتين تملآن ما أمكن من ذلك الحيّز. وافترضنا أنّ ارتفاع تلك الاسطوانة يمثّل طول الموجة للشحنة – للالكترون – وأنّ نصف قطر الكرة داخل ذلك الحيّز هو ربع طول الموجة.

الآن من خلال قانون كولومب نستطيع حساب طول الموجة للالكترون. فلنأخذ حيزين متجاورين ونعزلهما عن العالم فإنّ كل منهما سيؤثر في الآخر بقوة يمكن حسابها. فإذا كان هناك كتلة للالكترون معلومة فإنّنا عندها نستطيع حساب الشغل اللازم لتحريك تلك الشحنة داخل حيّزها، والشغل هو حاصل ضرب القوة في المسافة المقطوعة. وهذا الشغل يساوي الزخم في السرعة، والزخم هو القوة في السرعة. إذن أصبحنا قادرين على حساب طول الموجة، وهو المسافة بين الشحنتين في الحيزين المتجاورين. المسافة بينهما يستحيل أن تقل عن طول الموجة، وهما في حركة دائمة ذهابا وإيابا.

الشغل من كولومب = الطاقة من آينشتاين

$mc^2 = k\frac{qq}{\lambda^2}\lambda$ **كل قيم عناصر هذه العلاقة معلومة إلا طول الموجة: منها يكون طول الموجة:**

$k\frac{qq}{mc^2} = \lambda$**، فإذا كانت شحنة الالكترون:** 1.6×10^{-19}**كولومب، وكتلته:** 9.1×10^{-31} **كغم، والثابت:** $k = 8.99\times10^{9}\,Nm^2C^{-2}$ **فإنّ :**

$$\lambda = 8.99\times10^{9}\times\frac{\left(1.6\times10^{-19}\right)^2}{9.1\times10^{-31}\times\left(3\times10^{8}\right)^2}m$$

$$\lambda = 2.81\times10^{-15}m$$

عندما يكون الالكترون مستقرا، يكون طول موجته 2.81 فيمتومتر ، فهو لا يرى تأثيره فيزيائيا عند ذلك الحدّ إلا إذا تم تهييجه فيكبر حيزه فيكبر مع ذلك طول موجته فنرى تأثيره إما ضوئيا أو حراريا.

وبمقارنة هذا المقدار بحجم الذرّة (1 أنجستروم) نرى أنّ هذا ممكن. فهذا يعادل $\lambda = 2.81\times10^{-5}\ \mathring{A}$ أو 28.1 ميكرو انجستروم.

الشيء الآخر الذي يمكن لنا أن نتبأ به هو أن حيّز الالكترون لا يمكن أن يقل طوله عن هذا المقدار. لأنّ تقليل طول الموجة يعني ضغط الحيّز وليس تهييجه. والضغط بحاجة لقوة من جهتين. فإن كان جهتي الحيّز هما الكون نفسه فإنّ الضغط من جهة بحاجة لضغط مقابل من الجهة المقابلة، والجهة المقابلة هي نفس الجهة الأولى. فتخيل نقطة على سطح كرة، وهذه النقطة هي الحيّز، كيف يمكن لك أن تضغطها إلا بالضغط المتعاكس عليها من جانبين متقابلين. فكسر حالة الاستقرار بحاجة لأنّ يكون هناك تمزق في نقطة ما على امتداد الخط الواصل بين طرفي الحيّز والمحيط بالكون من الجهة الأخرى حتى يحدث توليد قوّة من ذلك التمزق بحيث يستطيع الكون ضغط الحيّز تحت حالة استقراره. لذلك لا يمكن أن يحدث هذا إلا بدمار الكون. بينما التهيج هو اتساع لحظي في ذلك الحيّز، وكأن الكرة قد كبر نصف قطرها بالمقدار الذي ولّده التهيج ثمّ تعود لوضعها الطبيعي.

إذن لا يمكن لنا أن نضغط حيز الالكترون، لأن ضغط الحيز يعني زيادة في الطاقة المتمثلة في العلاقة:

$$U = k\frac{q^2}{\lambda}$$

ضغط الحيز يعني تصغير طول الموجة، وتصغير طول الموجة يعني تركز الطاقة في نقطة إلى أن تصل تلك النقطة الصفر فتكون الطاقة مالانهائية. وهذا لا يمكن أن يحدث لأن تصغير

طول الموجة إلى الصفر يعني فناء الحيز وفناء الشحنة، وهذا ممنوع فيزيائيا. الحيز لا يفنى ولا يستحدث ولكن يمكن أن تتنوع الأشياء التي تشغله، والشحنة لا تفنى ولا تستحدث.

الكتلة شحنة محكومة

إن تدبرنا صيغتنا الجديدة بدلالة الكتلة والشحنة الكهربائية نجد أن: $P = \lambda IBt$ تصبح: $mv = \lambda qB$ وبما أننا نركز النظر في الأحواز تحت الذرية فإنّ المقصود بالسرعة عندها هي سرعة الشحنة في قطع المسافة المتاحة لها في حيّزها، والتي استقر تدبرنا على أنها طول الموجة أي أن: $v = \frac{\lambda}{t}$

بتعويض ذلك في $mv = \lambda qB$ نجد أن:

$$m = qBt \qquad (35.1)$$

من هنا نرى أن التغيّر في الكتلة في الزمن يكون نتيجة حاصل ضرب الشحنة الكهربائية في مجالها المغناطيسي.

$$\frac{dm}{dt} = q\mathrm{B} \qquad (36.1)$$

هذا يعني أنّ الكتلة شيء يصنع عن طريق الشحنة ومجالها المغناطيسي. الشحنة لوحدها لا تستطيع خلق المادّة، يجب أن يكون لها مجال مغناطيسي، هذا يعني أنّ الشحنة يجب أن تكون متحركة حتى تتمكن من خلق المادّة ولكنها تتصنع نتيجة لهذه المعادلة. ومن الطبيعي أن نتصور أنّ مقدار المادّة المخلوقة سيكون بكميات لا ترى بالعين المجردة، بل إن الطور الأول في خلق المادّة هو المرور بحالة الطاقة القطبية. تماما مثل الانسان: نطفة فعلقة فمضغة. فالنطفة تماثلها المشتقة الثانية للكتلة ($\frac{d^2m}{dt^2} = I\mathrm{B}$) والعلقة تماثلها المشتقة الأولى للكتلة ($\frac{dm}{dt} = q\mathrm{B}$) بينما الكتلة تماثلها العلاقة ($m = qBt$).

ولك أن تتصور العملية العكسية لنأخذ فكرة عن النمط الذي يجري، فعندما تحرق جذعا من الخشب فإنّ المادّة التي كانت تشكل الخشب يختفي غالبيتها على شكل طاقة حرارية ويتبقى الرماد، ولو جمعنا ذلك الرماد ووزناه مقارنة بكمية المادّة قبل الاشتعال لوجدنا أنّ هناك فرقا هائلا في الكمية. هذا يعني أنّنا لو أخذنا ذرّة من الخشب وحرقناها لما تسنى لنا استشعار طاقتها الحرارية، ولا طاقة عشرة ذرّات، ولا طاقة مئة ذرّة، وربما لن نستشعر الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق مول كامل من ذرّات الخشب (6.022×10^{23} جزيء). لكن بتجمع بلايين الذرّات معا أمكننا الشعور بطاقتها الحرارية عند الاحتراق.

ونرى أن الكتلة تعتمد حصرا على الشحنة الكهربائية وحيزها المتاح لها، فهي الطاقة في ذلك الحيّز، لأنّ عنصر الزمن هنا أيضا محكوم بالوقت الذي تستغرقه تلك الشحنة في قطع الحيّز وليس أمام الشحنة مساحة مفتوحة لتسبح فيها حيث شاءت، بل هي محكومة بحيز خاص بها لذلك فإنّ الوقت المعبّر عنه في الصيغة هو الوقت الذي تستغرقه الشحنة في قطع طول ذلك الحيّز.

وربما يخطر ببانا تساؤلا مشروعا يعترض فيه على كون الزمن محكوما بالحيز، فما الذي يمنع من أن تسبح الشحنة في الفراغ الذي حولها كيف شاءت، لماذا عليها أن تلتزم بحيز معين؟

والجواب على هذا التساؤل بسيط ومباشر، وهو أن الشحنة نفسها في حالة اتزان وتعادل بالنسبة لمحيطها، بعبارة أخرى هي لا تستطيع من تلقاء نفسها التعدّي على الأحواز المجاورة لها، لأنّ لكل حيّز شحنته الخاصة به، وكل شحنة لها جيشها المدافع عن حيّزها. لذلك فإنّنا نستطيع بنظرة فلسفية اعتبار أن الكتلة التي نستشعرها هي نتاج القوى التي تخلقها الشحنة في الدفاع عن حيّزها. لذلك يكون من المنطقي أن القوى – في الأبعاد

تحت الذرية – تزداد كلما صغر الحيّز وذلك إن كانت الشحنة ثابتة القيمة فإنها سيكون بمقدورها تعزيز جيشها في الحيّز الأصغر بكفاءة أعلى من قدرتها على تعزيز جيشها في الحيّز الأكبر.

نستطيع تصوير ذلك على أن الشحنة تخلق المجال المغناطيسي خلال حركتها، فعندما تكون في نقطة 'أ' ثمّ تنتقل منه إلى نقطة 'ب' فإنّ الشحنة تترك خلفها في نقطة 'أ' مجالا مغناطيسيا. هذا المجال الناتج عن حركة الشحنة (التيار) يكون أقوى ما يكون مباشرة في النقطة 'أ'مباشرة قبل اللحظة التي تغادر الشحنة فيه تلك النقطة. وبابتعاد الشحنة عن تلك النقطة يضعف التيار في تلك النقطة وبذلك يضعف المجال المغناطيسي وتضعف القوى الناتجة عن ذلك. وهذه القوى تتعزز ثانية بمرور الشحنة من تلك النقطة مجدّدا. فإنّ كان الوقت المستغرق بين كل مرورين طويلا، كانت القوى أضعف. وكلما كان الوقت المستغرق بين كل مرورين قليلا كانت القوى أكبر. لذلك من الطبيعي أن تكون كتلة البروتون أكبر من كتلة الالكترون لأنّ مقدار شحنتيهما متساويتان بينما حيزاهما متفاوتان.

وإن أخذنا التعريف الفيزيائي السائد للكتلة على أنّه مقدار القصور الذاتي للمادّة، أي القدرة على معاندة التسارع، وهو ما نلمسه من المعنى الفيزيائي لقانون نيوتن الثاني. فإنّ هذا التعريف للكتلة ينسجم تمام الانسجام مع التعريف الذي نقدمه هنا للكلتة على أنّه تجمع متكافئ القطبية من لبنات طاقة كمومية غير متجانسة قطبيا. فإنّ تدبرنا لبنة الالكترون وحدها فهي لا تشكل كتلة ولكنها بالالتحام مع النواة تشكل لبنة بناء للكتلة. فالكتلة إذن تجمع من قوى كهرومغناطيسية في حيّز بحد أدنى. هذه القوى تتسبب في معاندة القوى المؤثّرة عليها، بغض النظر عن ماهية تلك القوى أكانت كهرومغناطيسية أو ميكانيكية. لأننا عندما نشرع في تسيير الكتلة في الفراغ عن طريق قوّة ميكانيكية فإن هذه

الكتلة هي عبارة قوى كهرومغناطيسية ستجد معاندة من القوى الكهرومغناطيسية التي تسير خلالها في الفراغ، لأنّ الفراغ هو أيضا تشكيل مادة لها جيوشها من القوى الكهرومغناطيسية. مما يجعلنا نشعر بوجود تلك الممانعة وهو ما اتفقنا على تعريفه على شكل تأثير لل 'كتلة'.

ومن منظور آخر نستطيع اعتماد معادلة تكافؤ فيما بين الشحنة والكتلة، أي أنّ الشحنة هي التي تخلق الكتلة، فإنّ كانت الشحنة كمومية، أي لا يمكن أن نجدها بكل القيم المتاحة رياضيا بل هي توجد في الطبيعة بمقادير معينة، فإنّه كلما زادت الشحنة زادت الكتلة التي تمثلها، وكذلك فإنّ الكتلة الأكبر تحتوي على شحنات أكثر. لكن الشحنة منفصلة كشحنة ساكنة لا تمثّل كتلة لذلك لا يمكن لنا أن نتعامل مع الالكترون المجرد على أنّ له كتلة إلا إذا كان في حيزه لبنات طاقة مختلفة القطبية تهيئه لأنّ يحصل على كتلة. الشحنة تخلق الكتلة عندما يكون لها مجال مغناطيسي في زمن معين، أي في طول موجة تتحرك خلالها الشحنة لتخلق التيار الذي يخلق المجال المغناطيسي. أنظر إلى هذا التجانس بين الشحنة ككتلة وبين المسافة كزمن.

وإذا عدنا بادراجنا للكشف عن العلاقة بين الكتلة والحجم من حيث الوحدات سنجد أن وحدة الكيلوغرام تكافئ (متر تربيع ثانية تربيع)، وذلك كالآتي:

$$m = qBt$$

$$m = ItBt$$

ولكننا عندما ابتدأنا تدبرنا للزخم في الأبعاد تحت الذرية قلنا بأنّ: $r = I = B$، وأنّ: $r^2 = IB$، إذن في الأحواز تحت الذرية يمكننا التعبير عن الكتلة كالآتي:

$m = r^2 t^2$ ، ومنها:

$$kg = m^2.s^2 \qquad (37.1)$$

وربما يكون الثقل الفيزيائي لهذه العلاقة بنفس مقدار الثقل الفيزيائي للعلاقة الأصيلة التي اكتشفناها ($P = \lambda IBt$)، فالتعبير عن الكتلة بدلالة الأبعاد ينشر ظلاله على جميع القوانين الفيزيائية مما يوحّد بينها في وحدتين فيزيائيتين اثنتين فقط هما المسافة والوقت.

الكشف عن وحدة الكتلة بدلالة الفراغ والزمن له أيضا دلالات فيزيائية رياضية أخرى إضافة لتوحيد المقادير الفيزيائية عن طريق تقليل الوحدات المستعملة.

التعبير عن الكتلة بدلالة الفراغ والوقت يجعل من الكتلة مقدارا فيزيائيا وليس مقدارا عدديا. هذا يعني أنّ الكتلة أصبحت مقدارا فيزيائيا قابلا للاشتقاق! وهو ما تؤكده علاقة الكتلة بالشحنة ($m = qBt$)

$\frac{dkg}{dt} = 2m^2.s$ وإذا نظرنا إلى الوحدة $m^2.s$ نجد أنها وحدة عزم الزوج الكهربائي: Electric dipole moment أي أنّ:

$$\frac{d}{dt}(mass) = \vec{P}$$

كما نجد أنّها اختصارا لوحدة حاصل ضرب المجال المغناطيسي في الشحنة:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{kg}{s} = A.s \times \frac{kg}{A.s^2} = q\mathrm{B} \Rightarrow m^2.s$$ لذلك:

$$\frac{dm}{dt} = q\mathrm{B} \qquad (38.1)$$

وهو ما يسهل استكشافه من العلاقة التي توصلنا لها سابقا ($m = q\mathrm{B}t$).

بل إنّنا إن أمعنا النظر في علاقة مشتقة الكتلة بالزخم سنجد أن مشتقة الكتلة الزمنية تساوي اللّي في الزخم:

$$\frac{dm}{dt} = q\mathrm{B} = \frac{\lambda q\mathrm{B}}{\lambda} = \nabla \times P$$

$$\frac{dm}{dt} = \nabla \times P \qquad (39.1)$$

كما أنّه بامكانك أن تنظر في الوحدات البعدية لمختلف المقادير الفيزيائية لترى احتمالية التوافق بين أي من تشكيلاتها التي تناظر وحدة الكتلة بدلالة الفراغ والزمن!

وكذلك إذا أخذنا التدفق للمصدر فيما يخص الكتلة نجد أنّ:

$$\nabla.kg = 2m.s^2$$

وهذا مقدار فيزيائي ما زلنا نجهل معناه ولم نستشعر وجوده! لكن إن حاولنا التقدير فإنّ أقرب تقدير للمقدار الذي تمثله هذه الوحدة البعدية هو:

$$\nabla.m = It^2 \qquad (40.1)$$

واعتماد التيار بدل وحدة المسافة هو نتيجة أننا عندما شكلنا وحدة الكتلة اعتبرنا أن وحدة التيار هي وحدة المسافة.

ومن هذه نحصل على أن الليّ للكتلة هو المسح الزمني للشحنة:

$$\nabla.m = qt \qquad (41.1)$$

وبنفس المنطق نستطيع التعبير عن القوة بدلالة الحجم لنجد أنّ القوة هي الحجم. وذلك كالآتي:

من علاقة الزخم الأصلية قلنا بأنّ: $P = \lambda IBt$ وهذه أصلها كان: $P = Vt \approx \lambda \pi r^2 t$ ، وبما أنّ القوة هي معدل تغيّر الزخم في الزمن:

$$F = \frac{dP}{dt} = \frac{d}{dt}(Vt) = V$$

ومن ثمّ فإنّ الوحدة المكافئة للنيوتن في الأحواز تحت الذرية هي (متر مكعب) ولو دققنا في الوحدة المعتادة للقوة ($\frac{kg.m}{s^2}$) وعوضنا بدل الكتلة وحدتها الجديدة: $kg = m^2.s^2$ سنجد أن وحدة القوة هي:

$$\frac{kg.m}{s^2} = \frac{m^2.s^2.m}{s^2} = m^3$$

هذا يؤزنا للنظر في أبعاد المقادير الفيزيائية المعروفة، ومن ثمّ يكشف لنا الغطاء عن مقادير فيزيائية ما زالت مجهولة لعلومنا.

أبعاد المقادير الفيزيائية

فصلنا في عمل آخر لنا (لم يخرج بعد) في موضوع الزمكان عوالم تعدد الأبعاد. وقد استقرّ رأينا على أنّ الأبعاد كلّها تعود لمتغيرين اثنين هما المسافة المتجهة والزمن ولم نأت على ذكر الكتلة. وها قد اتضح معنا هنا أنّنا كنّا على صواب بالرغم من أنّنا لم نمتلك حينها من العلم ولا الوسائل التي تدخل الكتلة في موضوع عوالم الأبعاد.

ولم يخطر في بالنا عندها أنّ الكتلة تشكل عائقا من معيقات توحيد قوانين الفيزياء. الآن تبيّن لنا أنّنا اجتزنا هذا العائق المخفي. الكتلة الآن ما هي إلا شحنة متحركة محكومة بزمن.

الآن بما أنّنا حصلنا على تعريف للكتلة بدلالة هذين البعدين أصبح من الممكن الآن معرفة أبعاد كل مقدار فيزيائي بدلالة مقدارين فيزيائيين اثنين فقط: المسافة والوقت.

فمثلا الكتلة، كما تبيّن معنا، لها أربعة أبعاد: $kg = m^2.s^2$ ، بعدين مسافة وبعدين زمن.

القوة لها ثلاثة أبعاد-: $\frac{kg.m}{s^2} = \frac{m^2.s^2.m}{s^2} = m^3$

الزخم الزاوي (angular momentum): $\frac{kg.m^2}{s} = \frac{m^2.\mathrm{s}^2.m^2}{s} = m^4.\mathrm{s}$ خمسة أبعاد

الطاقة: $\frac{kg.m^2}{s^2} = \frac{m^2.\mathrm{s}^2.m^2}{s^2} = m^4$ أربعة أبعاد.

الشحنة الكهربائية: $q = It = m.\mathrm{s}$ لها بعدين اثنين، لاحظ أنّنا نعتمد الأحواز تحت الذرية (هذا يعني أن: $r = I = B$)

المجال المغناطيسي: $\frac{kg}{A.s^2} = \frac{m^2.\mathrm{s}^2}{m.s^2} = m$ ، بعدا واحدا

المجال الكهربائي: $\frac{kg.m}{A.s^3} = \frac{m^2.\mathrm{s}^2.m}{m.s^3} = \frac{m^2}{s}$ ثلاثة أبعاد (لاحظ أنّنا عندما تدبرنا عوالم الأبعاد قلنا بأنّ الزمن يمكن أن يكون هو البعد الإضافي لكل عالم من العوالم، فالتغير في الزمن في عالم البعد الأحادي سينتج لنا بعدين وفي الثنائي ثلاثة وفي الرباعي خمسة ... الخ. لذلك نستطيع أن نعتبر الزمن مكافئا للمسافة في تحديد عدد الأبعاد.)

السرعة: $\frac{m}{s}$ ثنائية الأبعاد.

ثابت النفاذية المغناطيسي: $\mu_0 = \frac{kg.m}{A^2.s^2} = \frac{m^2.\mathrm{s}^2.m}{m^2.s^2} = m$ أحادي البعد.

ثابت النفاذية الكهربائية: $\varepsilon_0 = \frac{A^2.s^4}{kg.m^3} = \frac{m^2.\mathrm{s}^4}{m^2.s^2.m^3} = \frac{\mathrm{s}^2}{m^3} = \frac{1}{m}$ **أحادي البعد ولكنه مخالف لاتجاه النفاذية المغناطيسية.**

المقاومة الكهربائية (أوم): $\frac{kg.m^2}{A^2.s^3} = \frac{m^4.\mathrm{s}^2}{m^2.s^3} = \frac{m^2}{\mathrm{s}} = m$ **بعدا واحدا.**

وما دام الحال كذلك فإنّ المقادير الفيزيائية المتساوية في عدد الأبعاد هي بلا شك بين ثلاثة احتمالات:

1- **أن يكون عدد الأبعاد متساويا وله نفس الوزن، أي إما أن يكون حاصل ضرب نفس النوع من الأبعاد أو حاصل قسمة نفس النوع.**
2- **أن يكون عدد الأبعاد متساويا بينما أحدهما حاصل ضرب والآخر حاصل قسمة.**
3- **أن يكون عدد الأبعاد متساويا بينما أحدهما معكوس الآخر.**

□

الجداول الآتية تبين عدد الأبعاد ونوعيتها لمجمل المقادير الفيزيائية المعروفة:

1- المقادير ذات البعد الصفري، لها اتجاه واحد:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية
منبع التدفق في المجال المغناطيسي: $\nabla.\mathrm{B}$	$\frac{kg}{m.A.s^2}$	1
اللّي في المجال المغناطيسي دون الحث: $\nabla \times B = \mu_o J$	$\frac{kg.m}{A^2.s^2} \times \frac{A}{m^2}$	1
اللّي في المجال المغناطيسي مع الحث: $\nabla \times B = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} + \mu_0 J$	$\frac{kg.m}{A^2.s^2} \times \frac{A^2.s^4}{kg.m^3} \times \frac{kg.m}{A.s^4} + \frac{kg.m}{A^2.s^2} \times \frac{A}{m^2}$	2
عدد المقادير المعلومة: 3	عدد المقادير المجهولة: مجهول	

□

2- المقادير ذات البعد الأحادي:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية	
الوقت	s	s	
كثافة الشحنة على خط	$\frac{A.s}{m}$	s	
كثافة التيار	$\frac{A}{m^2}$	$\frac{1}{m}$	
التردّد	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s}$	
المسافة	m	m	
المجال المغناطيسي	$\frac{kg}{A.s^2}$	m	
ثابت النفاذية المغناطيسي μ_0 :	$\frac{kg.m}{A^2.s^2}$	m	
ثابت النفاذية الكهربائية ε_0 :	$\frac{A^2.s^4}{kg.m^3}$	$\frac{1}{m}$	
الضغط	$\frac{kg}{m.s^2}$	m	
المقاومة الكهربائية (أوم):	$\frac{kg.m^2}{A^2.s^3}$	m	
كثافة الطاقة	$\frac{kg.m^2}{s^2.m^3}$	m	
المقادير المعلومة: 11	المكرر منها:7	المجهول دون تكرار: 0	

□

3- المقادير ثنائية الأبعاد:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية	مقادير فيزيائية مجهولة
السرعة	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	s^2 :كما أنّ مربع المسافة يساوي المساحة، فإنّ مربع الوقت يجب أن يكون له معنى فيزيائيا، لكنه ما زال مجهولا.
المساحة	m^2	m^2	
الشحنة	$A.s$	$m.s$	
كثافة الشحنة على مساحة	$\frac{A.s}{m^2}$	$\frac{s}{m}$	
الحث: Inductance	$\frac{kg.m^2}{A^2.s^2}$	m^2	
منبع تدفق المجال الكهربائي: $\nabla.E$	$\frac{kg}{A.s^3}$	$\frac{m}{s}$	
لّي المجال الكهربائي: $\nabla\times E$	$\frac{kg}{A.s^3}$	$\frac{m}{s}$	
المقادير المعلومة: 7	المكرر منها: 3	المجهول دون تكرار: 1	

□

4- المقادير ذات البعد الثلاثي:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية	مقادير فيزيائية مجهولة
التسارع	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$	s^3
كثافة الشحنة في حجم	$\frac{A.s}{m^3}$	$\frac{s}{m^2}$	$m.s^2$
الكثافة	$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{s^2}{m}$	$\frac{1}{m^3}$
عزم الزوج الكهربائي: Electric dipole moment	$A.s.m$	$m^2.s$	$\frac{1}{s^3}$
المجال الكهربائي:	$\frac{kg.m}{A.s^3}$	$\frac{m^2}{s}$	
القوة: ميكانيكية/ كهربائية/ مغناطيسية	$\frac{kg.m}{s^2}$	m^3	
عزم الزوج المغناطيسي: Magnetic dipole moment	$A.m^2$	m^3	
التدفق المغناطيسي: Magnetic Flux	$\frac{kg.m^2}{A.s^2}$	m^3	
المقادير المعلومة: 8	المكرر منها: 2	المجهول دون تكرار: 4	

□

5- المقادير رباعية الأبعاد:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية	مقادير فيزيائية مجهولة
الكتلة	kg	$m^2.s^2$	s^4
سعة المكثف	$\frac{A^2.s^4}{kg.m^2}$	$\frac{s^2}{m^2}$	$m.s^3$
التوصيلية Conductivity	$\frac{A^2.s^3}{kg.m^3}$	$\frac{s}{m^3}$	$\frac{s^3}{m}$
القوة الدافعة الكهربائية (فرق الجهد): electromotive force	$\frac{kg.m^2}{A.s^3}$	$\frac{m^3}{s}$	$\frac{m}{s^3}$
الطاقة/ الشغل	$\frac{kg.m^2}{s^2}$	m^4	$\frac{1}{m^4}$
الزخم: Momentum	$\frac{kg.m}{s}$	$m^3.s$	$\frac{1}{s^4}$
عزم الدوران: Torque	$\frac{kg.m^2}{s^2}$	m^4	$\frac{m^2}{s^2}$
المقادير المعلومة: 7	المكرر منها: 1	المجهول دون تكرار: 8	$\frac{1}{m^2.s^2}$

□

6- المقادير خماسية الأبعاد:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية	
الزخم الزاوي (angular momentum):	$\frac{kg.m^2}{s}$	$m^4.s$	
التدفق الكهربائي: Electric Flux	$\frac{kg.m^3}{A.s^3}$	$\frac{m^4}{s}$	
القدرة: Power	$\frac{kg.m^2}{s^3}$	$\frac{m^4}{s}$	
ثابت الجاذبية	$\frac{m^3}{kgs^2}$	$\frac{m}{s^4}$	
ثابت بلانك	$\frac{kg.m^2}{s}$	$m^4.s$	
مقادير فيزيائية مجهولة			
m^5	$\frac{1}{s^5}$	$\frac{1}{m^5}$	
$m^3.s^2$ (هذا العمل بين أن هذا المقدار هو المتانة)	$\frac{m^2}{s^3}$	$\frac{s}{m^4}$	
$m^2.s^3$	$\frac{m^3}{s^2}$	$\frac{s^2}{m^3}$	
$m.s^4$		$\frac{s^3}{m^2}$	
s^5		$\frac{s^4}{m}$	
المقادير المعلومة: 5	المكرر منها: 2	المجهول دون تكرار: 13	المجهول بعد تعريف المتانة أصبح 12

7- المقادير سداسية الأبعاد:

المقدار الفيزيائي	الوحدة العالمية	الوحدة البعدية	
عزم القصور الذاتي: moment of inertia	$kg.m^2$	$m^4.s^2$	
مقادير فيزيائية مجهولة			
$m.s^5$	$\frac{1}{s^6}$	$\frac{1}{m^6}$	
$m^2.s^4$	$\frac{m}{s^5}$	$\frac{s}{m^5}$	
$m^3.s^3$	$\frac{m^2}{s^4}$	$\frac{s^2}{m^4}$	
$m^5.s$	$\frac{m^3}{s^3}$	$\frac{s^3}{m^3}$	
	$\frac{m^4}{s^2}$	$\frac{s^4}{m^2}$	
	$\frac{m^5}{s}$	$\frac{s^5}{m}$	
	m^6	s^6	
المقادير المعلومة: 1	المكرر منها: 0	المجهول دون تكرار: 18	

هكذا نرى أنّ هناك 42 مقدارا فيزيائيا معلوما، تكرّر منها 16، بينما يوجد 44 مقدارا فيزيائيا مجهولا!

فإذا قدّرنا أنّ نسبة ما قد يتكرّر من المجهول يكافيء نسبة ما تكرّر من المعلوم (61.5%) فإنّنا نتوقع أن يكون هناك من المقادير الفيزيائية المجهولة ما عدده:

$$\frac{16}{(42-16)} \times 44 + 44 \approx 71$$

أي أنّ المقادير الفيزيائية المعلومة هي 42 مقدارا والتي ما زالت مجهولة 71 مقدارا.

بعد تعريف المتانة، أصبح عدد المقادير المعلومة 43 مقدارا، والمجهولة 70 مقدارا.

الوحدات البعدية تعطينا نظرات ثاقبة في مآلات التغيّر في المقادير الفيزيائية المختلفة. فالمقادير التي وحدتها البعدية عدد ثابت ربما لا يكون هناك معنى لاشتقاقها، أي أنها لا تتغير بالنسبة للزمن أو بالنسبة للمكان، أو أن مشتقتها صفر. بينما المقادير التي لها وحدات بعدية قد يكون لها مشتقات ذات معنى. منها ما هو معلوم فيزيائيا ومنها ذلك الذي ما زال مجهولا.

لنأخذ مثلا المجال المغناطيسي ونشتقه.

نحن نعلم من معادلة ماكسويل أنّ: $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$

لنرى قيمة: $\frac{\partial B}{\partial t}$

وحدة المجال المغناطيسي هي: $\frac{kg}{A.s^2}$، أي أن: $B = \frac{m}{It^2} = \frac{m}{qt}$

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{qt(\frac{dm}{dt}) - m(\frac{d(qt)}{dt})}{(qt)^2}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t}=\frac{qt(qB)-m(\mathrm{q}+\mathrm{tI})}{(qt)^2}=\frac{qt(qB)-m(2\,\mathrm{q})}{(qt)^2}=\frac{q^2tB-2qm}{q^2t^2}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t}=\frac{B}{t}-\frac{2m}{qt^2}=\frac{B}{t}-\frac{2B}{t}=-\frac{B}{t}$$

إذن:

$$\nabla\times E=\frac{B}{t} \qquad \textbf{(42.1)}$$

وهذه النتيجة كنا حصلنا عليها عند البحث في معادلات ماكسويل.

لاحظ أن الوحدة البعدية للمجال المغناطيسي هي (m) ومشتقتها بعديا هي (1). فإذا دققنا في وحدة المشتقة $\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{B}{t}\approx-\frac{m}{s}\approx-1$

وبالتقدم في معالجة المعادلة $\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{B}{t}$ **نصل إلى:**

$$\frac{\partial B}{B}=-\frac{\partial t}{t}$$

$$\int\frac{\partial B}{B}=-\int\frac{\partial t}{t}$$

$$\ln B=-\ln t+c$$

$$\ln B=-\ln t+\ln e^c$$

اعتبر أن $k=e^c$

$$\ln B=-\left(\ln t-\ln k\right)$$

$$\ln B = -\left(\ln \frac{t}{k}\right)$$

$$\ln B = \ln \frac{k}{t}$$

$$B = \frac{k}{t} \qquad (43.1)$$

أما إذا حاولنا اشتقاق المجال الكهربائي بالنسبة للزمن فإنّنا سنحصل على:

وحدة المجال الكهربائي: $\frac{kg.m}{A.s^3}$**، وهذه يمكننا التعبير عنها بالرموز كالآتي:**

$$E = \frac{m\lambda}{It^3} = \frac{m\lambda}{qt^2}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{qt^2(\frac{d(m\lambda)}{dt}) - m\lambda\left(\frac{d(qt^2)}{dt}\right)}{\left(qt^2\right)^2}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{qt^2\left(mv + \lambda qB\right) - m\lambda\left(2qt + It^2\right)}{\left(qt^2\right)^2}$$

لكن من معادلتنا الأصيلة $mv = \lambda qB$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{2mvqt^2 - 3m\lambda qt}{\left(qt^2\right)^2}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{2mvt - 3m\lambda}{qt^3} = \frac{2m\lambda - 3m\lambda}{qt^3}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -\frac{m\lambda}{qt^3} = -\frac{E}{t} \qquad (44.1)$$

حاصل الضرب في الزمن

نستطيع أن نلتمس الفرق فيما بين $m.s$ وبين $\frac{m}{s}$: حيث أن $\frac{m}{s}$ تعني أنّ المسافة قد تتغير بتغيّر الزمن فنتحصل على هذا المقدار الجديد ($\frac{m}{s}$) والذي هو السرعة.

بينما $m.s$ تعني أن تغيّر الزمن يحدث مسحا للمسافة فينتج لنا مقدارا فيزيائيا جديدا وحدته هي ($m.s$).

ما يمكن لنا فهمه من حاصل ضرب المتر في الثانية هو عملية مسح تلك المسافة حول محور دوران محدّد. حاصل قسمة المسافة على الزمن تعطينا السرعة في قطع المسافة، بينما حاصل ضرب المسافة في الزمن يعطينا مقدار المسافة الممسوحة. والمسافة الممسوحة في النهاية تشكل مساحة. لكن فيزيائيا نلتزم الوحدة، فالمقدار (متر في ثانية) يشكل مسافة ممسوحة، بينما (متر تربيع في ثانية) يشكل مساحة ممسوحة. يمكننا فهم النموذج على المساحة بشكل أسهل من فهمه على المسافة. فتخيل أن لدينا مساحة على شكل مستطيل. وهناك ذراع طوله مساو لعرض المستطيل. ثمّ نريد أن نسيِّر هذا الذراع بحيث ينتقل من أحد طرفي المستطيل إلى الطرف المقابل فإنّه يكون قد مسح كامل المستطيل. المسافة على الزمن هي سرعة الذراع، المسافة في الزمن هي مسحة الذراع (مسحة وليس مساحة). الآن إن كان عرض المستطيل 1 متر وطول الذراع 1 متر واستغرق الذراع في قطع المسافة من أول المستطيل إلى نهايته في 1 ثانية فإنّ المسحة تساوي السرعة. لكن إن تغيّر الوقت عن 1 ثانية فإنّ المسحة ستكون أكبر من السرعة.

بينما إن كان طول الذراع هو نصف عرض المستطيل فإنّ مسحة الذراع عندها ستساوي نصف سرعة الذراع وعلى الذراع أن يذهب ماسحا النصف الأول من المستطيل ثمّ يعود ماسحا النصف المتبقي من المستطيل حتى تكتمل المسحة، وتبقى السرعة في هذه الحالة ضعف المسحة.

هذا المسح نستطيع تخيله من خلال تصورنا لطبيعة مرور التيار الكهربائي في سلك مثلا. فإنّ أخذنا مسطح مقطع عرضي رقيق جدا بسمك ذرّة واحدة، فإنّنا نفترض أن كل ذرّة ستشارك في قوّة ذلك التيار. أي بإفلات الكترونات. لذلك فإنّ المسح هنا يكون بانتقال هذه الالكترونات من كل ذرّة للتي بعدها مرورا بطول السلك.

هكذا نستطيع أن نفهم أن الشحنة الكهربائية هي مسحة التيار!

أي أنّ المسحة في الحقيقة هي التكامل.

وكذلك نستطيع فهم الثانية تربيع على أنها حركة في محورين (مسح على محورين للحركة). فمثلال الكرة الأرضية تدور حول الشمس وتدور حول نفسها. فهنا يوجد لدينا محورين للحركة. أي نقطة على الأرض أو في الأرض تتأثر بالزمن تربيع عن طريق تغيير مكانها بالنسبة للمجموعة الشمسية. أو تأثرها بالزمن يكون بانتقال مكانها مقارنة بالشمس من خلال تغيّر احداثياتها بالنسبة لمحور دوران الأرض حول نفسها، والتأثر الثاني يكون بتغيّر احداثياتها بالنسبة لمحور دوران الأرض حول الشمس. فكل نقطة تقوم بمسح مسافتين في نفس الوقت، وهذا يمكن لنا أن نعتبره تفسيرا لمفهوم الزمن تربيع.

فالمسحة على محورين يمكن اعتبارها على أنّها تكامل على محورين أيضا. فالتكامل على محور واحد يعطينا المساحة، بينما التكامل على محورين يعطينا الحجم. والحجم أيضا يمكن لنا النظر له من زاوية أخرى على أنّه مقدار المادّة الموجودة في ذلك الحجم أو أي عرض

من أعراض ذلك الحيّز، كالطاقة مثلا أو الشحنة أو المجال المغناطيسي أو المجال الكهربائي، أو مجال فرق الجهد، أو درجة الحرارة.

إذن أبسط مفهوم لضرب مقدار فيزيائي في الوقت (البعد الزمني) سيكون إيجاد تأثير دوران ذلك المقدار حول محور يمثّل الزمن، وأي تصور لمسح زمني باتجاه مستقيم علينا أن نتعامل معه على أن ذلك المسح هو باتجاه مماس لمحيط دائرة ذات نصف قطر كبير جدا. الضرب في تربيع الوقت يمثّل تأثر ذلك المقدار نتيجة دورانه حول محورين، الضرب في الوقت تكعيب يعني تأثر ذلك المقدار بالدوران حول ثلاثة محاور في آن واحد. ... الخ. هذا أقرب معنى مفهوم للضرب في البعد الزمني (الوقت).

فمثلا عندما نرى العلاقة: $m = qBt$ فإنّ معنى هذا ان الكتلة تتحقق عندما تنجح الشحنة في خلق مجال مغناطيسي قادر على استكمال مسحة دائرية كاملة، والزمن هو مقدار الزمن اللازم لفعل ذلك.

تردّد الكتلة

لقد توصّلنا إلى أنّ الكتلة ما هي إلا حيّز محكوم بزمن. في الحقيقة توصّلنا إلى ذلك من خلال علمنا أنّ الكتلة هي تيار ومجال مغناطيسي محكومان بمربع الزمن. ولكن الدلالة التي قادتنا إلى تعريف الكتلة بدلالة المساحة ومربع الزمن كانت الشحنة الكهربائية:

$$m = qBt$$

والزمن الذي تتضمنه هذه العلاقة قلنا بأنّه الزمن اللازم للشحنة لقطع المسافة (طول الموجة) هذا يعني أنّ الزمن هنا هو تردّد الشحنة في ذلك الحيّز.

لذلك نستطيع أن نقول بأنّ كل كتلة لها ترددها الخاص بها. تماما مثلما أن لكل كتلة طول موجي خاص بها. وبهذا نلتقي مع دي برولي الذي قال بأنّ لكل جسم طول موجة، فالتردّد مرتبط بطول الموجة عن طريق مقدرا الزمن اللازم لقطع طول الموجة.

وتردد الكتلة هو:

$$f = \frac{qB}{m} \qquad (45.1)$$

$$f = \frac{IBt}{m} \qquad (46.1)$$

$$f = \sqrt{\frac{IB}{m}} \qquad (47.1)$$

وكذلك:

$$f = \frac{IEt}{mc} = \frac{qE}{mc} \qquad (48.1)$$

ومنها نستخلص أنّ سرعة الضوء هي:

$$c = \frac{qE}{mf} \qquad (49.1)$$

$$c = \frac{qEt}{m} \qquad (50.1)$$

ومنها نستخلص أنّ الزخم هو أيضا:

$$P = qEt \qquad (51.1)$$

لاحظ أن العلاقة: $f = \frac{qB}{m}$ هي نسبة مشتقة الكتلة إلى الكتلة، أي أن:

$$f = \frac{\frac{dm}{dt}}{m} = \frac{m'}{m} \qquad (52.1)$$

أثر التغيّر في الكتلة

اكتشاف العلاقات بين المقادير الفيزيائية المترابطة يعطينا معلومات أفضل لفهمها. فالتغير في المسافة في الزمن هو السرعة، والتغير في المجال الكهربائي في المسافة ($\nabla \times E$) يعطينا سالب التغيّر في المجال المغناطيسي في الزمن ($-\frac{\partial B}{\partial t}$) (معادلة ماكسويل).

فماذا يعني إذن التغيّر في الكتلة؟

إذا افترضنا مقدارا فيزيائيا جديدا، ولنسمه أثر التغيّر في الكتلة، فلا بدّ له من علاقة مباشرة بالتغير في الكتلة. أي أنّ هذا المقدار يتغير بتغير الكتلة. أي أنّه بما أن المسافة تتغير بوجود السرعة، والمجال الكهربائي يتغير بتغير المكان فإنّ هذا المقدار الفيزيائي (أثر الكتلة) يتغير بتغير الكتلة.

وإذا اعتبرنا مشهدا مناسبة للتفكر في دراسة تأثير التغيّر في الكتلة، فلنفترض وجود بيئة متجانسة، أي أنّ الاحواز فيها تحتوي نوع واحد فقط من المادّة، بحيث يكون هناك تناسب معلوم الاتجاه فيما بين الحجم والكتلة. كلما كبر الحجم كبرت كتلته وكلما صغر الحجم قلت كتلته. الآن لنفترض أنّ لدينا حيّزا كرويا كعينة للدراسة، فهذا الحيّز له كتلة وجدنا أن لهذه الكتلة علاقة مباشرة بشحنتها، وبالتحديد: $m = qBt$، وجود المجال المغناطيسي في تحديد الكتلة يعني أنّ هناك حركة، فلا يوجد شيء ساكن في هذا الكون، وقد ذكرنا ذلك في مكان آخر من هذا العمل. لكننا نريد أن نتجاهل هذه الحركة ونعتبر أن هذا الحيّز ساكن. سكون للتدبر فقط، هذا الحيّز له مجال كهربائي غير معتمد على الحركة. وهذا المجال الكهربائي يعتمد مباشرة على مقدار الشحنة وعلى حجم الحيّز – تربيع

نصف القطر: $E = \frac{kq}{r^2}$. الآن إن غيرنا في حجم الحيّز فإنّ كلا العاملين المساهمين في تحديد المجال الكهربائي سيتغيران: الشحنة والمسافة. وبما أن الشحنة هي العنصر الأساس في تكوين الكتلة، فإنّ التغيّر في الحجم يعني التغيّر في الكتلة (تذكر أنّنا نتكلم عن بيئة متجانسة). لكن كهربائيا التغيّر في الكتلة سيولد نفس تأثير التغيّر في المجال الكهربائي في المسافة (التغيّر من المسافة الأولى للمسافة الثانية). أي أنّ التغيّر في تأثير الكتلة على نقطة معينةيتناسب مع التغيّر في المجال الكهربائي لها مقارنة بما كانت عليه سابقا.

رياضيا يمكن لنا التعبير عن ذلك بالآتي:

$$\nabla \times E = D\frac{\partial A}{\partial m} \qquad (53.1)$$

حيث (A) هو المقدار الفيزيائي الذي يمثّل مجال تأثير التغيّر في الكتلة و D : ثابت يمكن أن نتجاهله. و $\frac{\partial A}{\partial m}$ هو تغيّر ذلك المجال في الكتلة- أو تأثير التغيّر في المجال. من هذه العلاقة نستخلص أن: $\frac{E}{r} = \frac{A}{m}$

ومن هنا نجد أن: $A = \frac{mE}{r}$

$$A = m\frac{kq}{r^3}$$

$A = m\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$ ، وبما أن: $\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$ وكذلك: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ وافترض أن: $c = \frac{r}{t}$

$$A = m\frac{q\mu_0 c^2}{2(2\pi r)r^2} = m\frac{q\mu_0 r^2}{2(2\pi r)t^2 r^2} \quad .$$

$$A = m\frac{q}{t}\frac{\mu_0}{2(2\pi r)t} = m\frac{\mu_0 I}{2(2\pi r)t} = m\frac{B}{2t}$$

$$A = qBt\frac{B}{2t} = \frac{1}{2}qB^2$$

$$A = \frac{1}{2}qB^2 \qquad \textbf{(54.1)}$$

وإذا كانت مشتقة الكتلة هي: $m' = qB$:

$$A = \frac{1}{2}m'B \qquad \textbf{(55.1)}$$

أي أن:

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\frac{\partial\left(qB^2\right)}{\partial m} = \frac{1}{2}\frac{\partial\left(m'B\right)}{\partial m}$$

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial m}\left(\frac{\partial m}{\partial t}B\right) \qquad \textbf{(56.1)}$$

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial m}\left(\frac{\partial m}{\partial t}B\right) = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial m}{\partial t}\frac{\partial}{\partial m}(B) + B\frac{\partial^2 m}{\partial m \partial t}\right]$$

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial m}{\partial t}B + B\underbrace{qB}\right]$$

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial m}{\partial t}B\underbrace{\frac{qt}{qt}} + B\underbrace{qB\frac{t}{t}}\right]$$ **وبما أنّ** $m = qBt$ **نحصل على:**

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial m}{\partial t}\frac{1}{qt} + B\frac{1}{t}\right]$$

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\left[qB\left(\frac{1}{qt}\right) + \frac{B}{t}\right]$$

$$\nabla \times E = \frac{1}{2}\left[\frac{B}{t} + \frac{B}{t}\right]$$

$$\nabla \times E = \frac{B}{t}$$

أي أننا إن أعطينا رمزا لتغير المجال في الكتلة تأسيا برمز تغيّر المجال في المسافة ($\nabla\times$) وتاسيا برمز تغيّر المجال في الزمن ($\frac{\partial}{\partial t}$) وليكن رمز تغيّر المجال في الكتلة هو: $_m$ ، أي أنّ تغيّر المجال A في الكتلة سيرمز له كالآتي: $_m A$ ، وهكذا يمكن لنا التعبير رياضيا على النحو الآتي:

$\nabla \times E = {}_m A = -\frac{\partial B}{\partial t}$ **وبما أنّه لا يوجد رمز آخر يستعمل فيزيائيا للصحن، نستطيع التخلص من رمز الكتلة ونكتفي بالصحن للتعبير عن تغيّر المجال في الكتلة** A

علاقة تغيّر المجال في الزمن بالتغير في الكتلة

من قانون نيوتن الثاني ومن قوّة المجال الكهربائي لدينا: $ma = qE$

ولكن $m = qBt$ **، إذن:** $qBta = qE$

$$aBt = E$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = aB$$

وبما أن: $a = \frac{F}{m}$ **إذن.**

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{FB}{m} \qquad \textbf{(57.1)}$$

أو

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{F}{qt} \qquad \textbf{(58.1)}$$

ومن $\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{FB}{m}$ **نستطيع القول بأنّ:** $\frac{\partial E}{\partial t} = \underbrace{FB}$ **وإذا حاولنا استكشاف قيمة** $\underbrace{FB}$ **فإنّنا نصل إلى:**

$$\underbrace{FB} = F\,B + B\,F$$

$$\underbrace{FB} = F\,\frac{1}{qt} + B\,F$$

ولكن: $F = \frac{\partial(ma)}{\partial m} = \frac{\partial(qBta)}{\partial m} = \frac{\partial(qBv)}{\partial m} = \frac{(qBv)}{qBt} = \frac{v}{t} = a$

$$\underbrace{FB} = (qvB)\frac{1}{qt} + B\frac{v}{t} = \frac{2Bv}{t} = 2Ba$$

أي أنّ معدل التغيّر في المجال الكهربائي في الزمن يساوي ضعف حاصل ضرب المجال المغناطيسي في التسارع، وهو معدل تغيّر حاصل ضرب القوة في المجال المغناطيسي بالنسبة للكلتة.

$$\frac{\partial E}{\partial t} = 2Ba \qquad (59.1)$$

الكتلة من قانون لورنتز

إذا اعتبرنا أنّ قانون لونتز $F = qE + q\,\mathrm{v}\,B$ **وطبقنا مبدأ أن القوة هي مشتقة الزخم:**

$\frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt}$ **، فإنّنا سنحصل على:**

$$m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt} = qE + qvB$$

ومن أول نظرة نرى أن أرجح احتمال هو أن: $v\frac{dm}{dt} = qvB$ **، ومنها**

$\frac{dm}{dt} = qB \Rightarrow m = qBt$ **، وهو ما توصلنا له من قبل. ويبقى أنّ:** $m\frac{dv}{dt} = qE$

مشتقات الكتلة وقانون لورنتز

وجدنا أن المشتقة الأولى للكتلة أنتجت حاصل ضرب الشحنة في المجال المغناطيسي.

$\frac{dm}{dt} = q\mathrm{B}$**، ولكن الشحنة هي حاصل ضرب التيار في الزمن (**$q = It$**) إذن:**

$\frac{dm}{dt} = I\mathrm{B}t$ **الآن نستطيع أيجاد المشتقة الثانية للكتلة بالنسبة للزمن لتكون:**

$$\frac{d^2m}{dt^2} = I\mathrm{B} \qquad \textbf{(60.1)}$$

وإذا علمنا أن $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ **فإنّ:**

$$\frac{d^2m}{dt^2} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r}$$

وإذا عدنا إلى الآلية التي بها أوجدنا معادلة الزخم ($P = \lambda IBt$**) نلاحظ أنّنا اعتبرنا أنّ شدّة المجال تكافيء التيار وكل منهما يكافي نصف القطر. أي أنّ المشتقة الثانية للكتلة تعطينا نصف قطر الحيّز الذي تشغله طاقة تلك الكتلة مضروبا في النفاذية المغناطيسية.**

هذا يؤزنا للنظر في معنى المشتقة الأولى للكتلة. وعلاقة الزمن بالتيار والمجال المغناطيسي يمكن لنا تدبرها إن تعاملنا مع الزمن كبعد من الأبعاد كما اعتدنا عليه في مجالات الفيزياء المختلفة، مثل السرعة والتسارع. لكن بالنسبة للسرعة والتسارع كنا نقسم على الزمن فننظر إلى المشتقة الأعلى درجة، أما الآن فإنّنا نضرب في الزمن لننظر في المشتقة الأدنى قوّة. هذا يعني أنّ دور الزمن هنا هو الوقت اللازم لتجميع نتائج عمل التيار والمجال المغناطيسي في الفترة المراد النظر في كينونتها. نعلم بأنّ التيار يسير في الحيّز، وبمسيره ينتج لنا مجالا مغناطيسيا. في كل لحظة من اللحظات يوجد قيمة للتيار وقيمة للمجال المغناطيسي، وهذه القيمة تنتقل في كل لحظة من مكان في الحيّز إلى المكان المجاور له بحسب سرعة التيار (والتي يفترض أنها سرعة الضوء). أي أنّ المشتقة الأولى تعني مقدار الحيّز الذي تأثّر بالتيار وبالمجال المغناطيسي والزمن (ليس في الزمن بل وبالزمن أي المراد حاصل ضرب المتغيرات الثلاث). هذا الحيّز في النهاية هو الحجم، إذن المشتقة الأولى للكتلة تكافيء الحجم. لاحظ أنّنا نستطيع تفسير معنى المشتقة الأولى باعتماد الشحنة وحركتها بدل التيار وحركته.

الفرق الوحيد بين الحجم الطبيعي المعتادون عليه وبين الحجم الناتج عن المشتقة الأولى للكتلة، هو أنّ الحجم الطبيعي له أبعاد ثابتة. بينما الحجم الناتج عن اشتقاق الكتلة قيمته تعتمد على الوقت المعطى. والمثال يوضح المقصود: تصور أن لدينا اسطوانة طولها 10 سنتمتر ونصف قطرها 5 سنتمتر. حجمها الطبيعي هو مساحة القاعدة في الارتفاع، ويساوي: $\pi r^2 h = \pi \times 0.05^2 \times 0.1 = 7.85 \times 10^{-4} m^3$

لكن مشتقة الكتلة عندما يمر من الوقت ثانية واحدة سيكون يساوي:

في ثانية واحدة يكون التيار قد قطع مسافة 299792458متر أي أنّه سيكون قد قطع طول الاسطوانة 2997924580 مرة ذهابا وإيابا. لذلك فإنّ المشتقة الأولى للكتلة ستكون: $\frac{dm}{dt} = 7.85\times10^{-4}\times 2997924580 = 2354564.46$ انا لم استخدم الوحدة هنا لأنني أريد أن أعطي فكرة عن معنى المشتقة عند مقارنتها بالحجم الذي تعودنا عليه. والجدير بالملاحظة أيضا هنا هو علاقة البعد المنبثق عن النسبية العامة في تركيب هذه العلاقة وهي (ct) أي أنّ البعد هو الوقت في سرعة الضوء.

لكن القيمة الحقيقية لمشتقة الكتلة لا نحسبها باستخدام الأبعاد الفراغية، بل باستخدام قيم متغيراتها، والتي هي: $\frac{dm}{dt} = q\mathrm{B}$ أو $\frac{dm}{dt} = I\mathrm{B}t$ ووحدتها هي $\frac{kg}{s}$ أو $m^2.s$

ولا بدّ من لفت الانتباه هنا إلى أنّ مشتقة الكتلة التي نتكلم عنها هنا هي غير ما هو متعارف عليه عند الفيزيائيين من معدل تدفق الكتلة في الزمن. بل المشتقة هنا مفهومها نفس مفهوم مشتقة المسافة في الزمن ونفس مفهوم مشتقة السرعة في الزمن. أي أنّ دالّة المشتقة تعطينا مقدارا فيزيائيا جديدا. فمقدار معدل تغيّر السرعة في الزمن يكشف لنا التسارع. وهنا معدل تغيّر الكتلة في الزمن يكشف لنا مقدارا فيزيائيا جديدا هو حاصل ضرب الشحنة في المجال المغناطيسي الناتج عن تلك الكتلة. هذا المقدار الفيزيائي الجديد له علاقة بالتغيّر في الكتلة وفي القوى التي هي أساسا صانعة للكتلة. هذا المقدار الفيزيائي الجديد هو حاصل ضرب الشحنة في المجال المغناطيسي، ولنعطيها وحدة اسمها 'شغتة' (الشين من الشحنة والغين من المجال المغناطيسي والتائين من الكتلة)

وإذا ما تدبرنا المعنى وراء مشتقة الكتلة نجد أن وجودها الفيزيائي في الطبيعة له معنى أساسيا في وجود الكون. فالمقدار $q\mathrm{B}$ وإن ظهر لنا على أنّه يتكون من مقدارين إلا أنه في الحقيقة الفيزيائية يرتكز على مقدار فيزيائي واحد غير موجود في العلاقة ولكنه مستنبط

منها، وهي الحركة. وذلك لأنّ وجود المجال المغناطيسي محكوم بوجود التيار، والتيار محكوم بوجود شحنة متحركة. إذن التغيّر في الكتلة بالنسبة للزمن لا يتم إلا بوجود شحنة متحركة. فإن سكنت الشحنة أصبح المجال المغناطيسي صفرا، غير موجود، وهذا يعني فيما يعنيه أنّه عندها ستكون الكتلة غير موجودة. نستخلص إذن مفهوما جديدا من هذه العلاقة، وهي بالإضافة إلى أنّ الحركة هي أساس الفيزياء كما تبين معنا مرارا، الآن تبين معنا أنّ الحركة هي أساس الوجود المادي. إن سكنت الشحنة تنهار المادّة. تخيّل أنّ هناك جسما أمامك، هذا يعني أنّ هذا الجسم يعتمد في وجوده الفيزيائي على حركة الشحنات المكونة له، في اللحظة التي تتوقف تلك الشحنات عن الحركة يختفي ذلك الجسم من أمامك! وتخيّل إن تمكنت من معرفة ماهية الشحنة أولا ثم معرفة الخريطة التي تتحرك بها الشحنة ثانيا، فإنّه سيكون بإمكانك عندها أن تخلق المادّة التي تعتمد تلك الخريطة في أي مكان آخر. هذا يعني أننا سنتمكن من نقل المادّة من مكان لأخر بسرعة الضوء!

وبعبارة أخرى، هذا يدلنا على أن الكتلة ليست مقدارا فيزيائيا أصيلا مثل المسافة والزمن، بل هي عرض لوجود شحنة متحركة.

الآن متسلحين بهذه المعلومة عن مشتقة الكتلة، دعنا نرى ما الذي نحصل عليه عند اشتقاق معادلتنا الأصلية التي ابتدعناها للزخم ($P = \lambda IBt$)

$$P = mv = \lambda IBt$$

$$m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt} = \lambda IB$$

$$ma + v(qB) = \lambda \frac{q}{t} B$$

$$ma + v(qB) = \frac{\lambda}{t} qB$$

$$ma = cqB - vqB$$

(61.1) $$F = qE - vqB$$

وهذه معادلة لورنتز للقوة لكن الإشارة معكوسة. ولا أدري أكان لورنتز على حق أم أن هذه المعادلة على حق!

ولكننا إذا ما تدبرنا علاقة المجال المغناطيسي وتأثيره في الدوائر الكهربائية (تلك التي تحتوي ملفات مثلا) سنجد أن الحث الناتج عن المجال المغناطيسي يعاند التيار الأصلي، لذلك فإنّ الإشارة السالبة في علاقة القوة تحمل في طياتها دلالة ذلك العناد.

وكذلك نستطيع التعبير عن هذه القوة كالآتي:

(62.1) $$F = qB(c - v)$$

وإن كانت مشتقة الكتلة هي الشحنة في المجال المغناطيسي، فإنّنا نستطيع التعبير عنها أيضا بدلالة القوة والزخم.

$$\frac{dm}{dt} = qB = \frac{qvB}{v} = \frac{F}{v} = \frac{Ft}{\lambda} = \frac{P}{\lambda} = \nabla \times P$$

(63.1) $$\nabla \times P = \frac{dm}{dt} = qB = \frac{F}{v}$$

لاحظ أيضا أننا من خلال: $P = mv = \lambda IBt$ **نستطيع الوصول إلى علاقة طول الموجة بالسرعة والشحنة:**

$$m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt} = \lambda IB$$

$$ma + vqB = \lambda IB$$

$$qBt(\frac{v}{t}) + vqB = \lambda IB$$

(64.1) $$2qv = \lambda I$$

وإذا ما تدخلنا رياضيا في هذه العلاقة فإنّنا نصل إلى مبدأ 'دي أليمبرت *D'Alembert's principle* **' ، أولا بضرب طرفي المعادلة في المجال المغناطيسي وطول الموجة** λB

$$\lambda qvB = \frac{1}{2}\lambda^2 IB$$

واضح أن هذه المعادلة الآن هي تكامل العلاقة الآتية:

$$qvB\delta\lambda = \lambda IB\delta\lambda$$

إذن:

(65.1) $$(qvB - \lambda IB)\delta\lambda = 0$$

وهذه صيغة أخرى لمبدأ 'دي أليمبرت': $\left(F - \frac{dP}{dt}\right)\delta\lambda = 0$

مشتقات الكتلة وموجة دي برولي (Broglie)

يذكر مقرر بيركلي للفيزياء بأنّ دي برولي وصل إلى مفهوم وجود موجة لكل جسم عن طريق افتراض أنّ لكل جسم متحرك هناك موجة (Eyvind H. Wichmann, Quantum Physics. Berkley physics course volume 4. 1967 pp. 180-190). كما أنّ الشكل العام لدالة الموجة المنتقلة هي:

$$\psi(x,t) = A\mathrm{e}^{(\mathrm{i}x.k-\omega t)}$$

دعنا نبين المعاني التي تحملها هذه الرموز حتى نألفها ونتجنب الغموض: $\psi(x,t)$: تمثّل رمز لمعادلة الموجة وفي نفس الوقت هي مقدار الازاحة أو المسافة التي قطعتها الموجة عندما تكون عند النقطة x في الوقت: t

ولا ننسى من علاقة أويلر أن: $A\mathrm{e}^{(\mathrm{i}x.k-\omega t)} = A\cos(\mathrm{x}.k-\omega t)+i\sin(\mathrm{x}.k-\omega t)$

لا نريد أن نربك انفسنا في العمل الرياضي للتوليف بين عناصر هذه الموجة، هذه الموجة من المنظور غير التخيلي تحتوي فقط العنصر الذي فيه الجتا:

$$\psi(x,t) = A\cos(k\,\mathrm{x}-\omega t)$$

نتابع تبيان معاني الرموز: x تمثّل المسافة، والمقدار: $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ يمثّل متجهة الموجة المكاني، أي أين هي الموجة بالنسبة لطولها. وهذين الرمزين يمثلان الجانب الفراغي (المسافة) من سلوك الموجة. بحيث أن طور الموجة يعتمد على مكان الموجة (المسافة x) بالنسبة لطول الموجة (λ) و 2π تمثّل الدور الكاملة للموجة. والسرعة التي تنتقل فيها k على مسار طول الموجة يمثّل سرعة الطور للموجة، وهو نفس سرعة الطور الذي نستخلصه من تردّد الموجة المتضمن في المقدار ω. وسرعة الطور لا تمثّل سرعة الموجة نفسها في الفراغ. فسرعة الموجة في الفراغ تمثلها العلاقة بين المقدارين سويا ($\frac{\omega}{k}$)

ωt تمثّل الجانب الزمني من سلوك الموجة: بحيث أن طور الموجة في الوقت (t) يعتمد على مقارنة ذلك الوقت بزمن دورة الموجة دورة كاملة (تردّد الموجة) والذي هو متضمن في ω حيث $\omega = 2\pi f$

لاحظ أن: $(k\,\mathrm{x}-\omega t)$ **هو مقدار عديم الأبعاد، ليس له وحدة فيزيائية، بل هو مجرّد عدد. لكن في هذا المقدار هناك مقداران فيزيائيان يحدّدان سرعة الموجة وهما طول الموجة من البعد الفراغي والتردّد من البعد الزمني، حاصل ضرب طول الموجة في التردّد يعطينا سرعة الموجة. فمثلا إن كانت الموجة قطعت مسافة مقدارها 100 متر وطول موجتها 5 سم فإنّ باستطاعتنا معرفة عدد الموجات الذي يمثّل تلك المسافة ليكون 2000 موجة، لكننا لا نستطيع أخذ فكرة عن سرعة الموجة في قطع تلك المسافة. فإذا علمنا أن تردّد الموجة هو 10000 دورة في كل ثانية، أي أنّ الموجة تحتاج 10 أليف من الثانية لقطع مسافة مقدارها طول موجة واحدة. الآن نستطيع بمعرفة التردّد وطول الموجة نستطيع حساب سرعة الموجة لتكون** $\frac{0.05}{10^{-4}} = 500 m/s$.

هذه العلاقة نستطيع تخيلها في أذهاننا بالربط بين موقع الموجة فراغيا وزمنيا (طورها)، ففي كل لحظة يكون موقع الموجة مختلف مكانيا وزمانيا (تخيّل شكل موجة الجتا وأنك تسير عليها فإنّ مكانك وزمانك في كل لحظة متغيران)، علاقة التغيران – الزماني والفراغي – يحددان سرعة المجموعة للموجة.

فسرعة المجموعة يمكن تحديدها عن طريق العلاقة:

$$v = \frac{d\omega}{dk}$$

لاحظ أن: $\frac{\omega}{k} = \frac{2\pi f}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \lambda f = \frac{\lambda}{t} = v$

الآن نأتي لعمل دي برولي :

اعتمد دي برولي على أنّ طاقة الجسيم المتحرك هي طاقة كمومية: $E = \hbar\omega$ وباعتماد مفهوم النسبية لآينشتاين تكون الطاقة على الشكل الآتي:

$$\hbar\omega = E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

الآن ما قام به دي برولي هو ايجاد المشتقة $\frac{d\omega}{dv}$ ثمّ قام بإيجاد التكامل للنتيجة فتوصل لمعادلته:

$$P = \hbar k$$

دي برولي توصل لعلاقته تلك باعتماد مبدأ أن الكتلة مقدار غير قابل للاشتقاق.

لكن الآن لدينا مفهوم آخر لمشتقة الكتلة، فقد وجدنا أن مشتقة الكتلة ليست صفرا، لنرى كيف ستكون علاقة دي برولي بعد الاشتقاق والتكامل:

يمكن لنا التعبير عن $\frac{dk}{dv}$ كالآتي:

لدينا: $v = \frac{d\omega}{dk}$ ومنها نحصل على: $vdk = d\omega$، إذن: $\frac{dk}{dv} = \frac{1}{v}\frac{d\omega}{dv}$ فإذا أوجدنا $\frac{d\omega}{dv}$ من العلاقة $\hbar\omega = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ فعندها سنجد $\frac{dk}{dv}$

$$\frac{d\omega}{dv} = \frac{d}{dv}\left(\frac{mc^2}{\hbar\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}\right)$$

$$\frac{d\omega}{dv}=\frac{\left(\hbar\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)\frac{d}{dv}\left(mc^2\right)-mc^2\frac{d}{dv}\left(\hbar\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)}{\left(\hbar\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)^2}$$

الآن علينا ان نجد $\frac{d}{dv}\left(mc^2\right)$ **مع الأخذ بعين الاعتبار بأنّ مشتقة سرعة الضوء صفر، لأنها مقدار ثابت. بينما مشقة الكتلة بالنسبة للزمن موجودة وهي:** $\frac{d}{dt}(m)=qB$ **لكن المطلوب هو مشتقة الكتلة بالنسبة للسرعة** $\frac{d}{dv}(m)$ **وليس بالنسبة للزمن.**

نستطيع أن نقول: $\frac{dm}{dv}=\frac{dm}{dt}\frac{dt}{dv}=\frac{\frac{dm}{dt}}{\frac{dv}{dt}}$

إذن: $\frac{dm}{dv}=\frac{qB}{a}$

$$\frac{d\omega}{dv}=\frac{\left(\hbar\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)\frac{qB}{a}c^2-mc^2\hbar\left(\frac{1}{2}\left(\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{-2v}{c^2}\right)\right)}{\hbar^2\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)}$$

$$\frac{d\omega}{dv}=\frac{\left(\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)\frac{qB}{a}c^2+mv\left(\left(\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\right)}{\hbar\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)}$$

لكن $\frac{qB}{a}=\frac{qB}{v/t}=\frac{qBt}{v}=\frac{m}{v}$

$$\frac{d\omega}{dv}=\frac{mc^2}{\hbar v\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}+\frac{mv}{\hbar\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

لكن $\frac{dk}{dv}=\frac{1}{v}\frac{d\omega}{dv}$

$$\frac{dk}{dv}=\frac{mc^2}{\hbar v^2\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}+\frac{m}{\hbar\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

وبالتكامل نحصل على:

$$k=-\frac{mc^2\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}{\hbar v}+\frac{mv}{\hbar\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$\hbar k=P-\frac{\hbar\omega}{v}\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)$$

$$P=\hbar k+\frac{\hbar\omega}{v}\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)=\hbar\left(k+\omega\left(\frac{c^2-v^2}{vc^2}\right)\right)$$

(66.1) $$P=\hbar\left(k+\omega\left(\frac{c^2-v^2}{vc^2}\right)\right)$$

وإن تابعنا قدما بتعويض قيم $k،\omega$

$$P = \frac{h}{2\pi}\left(\frac{2\pi}{\lambda} + 2\pi f\left(\frac{c^2 - v^2}{vc^2}\right)\right)$$

$$P = h\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{t}\left(\frac{c^2 - v^2}{vc^2}\right)\right)$$

$$P = h\left(\frac{1}{\lambda} + \left(\frac{c^2 - v^2}{\frac{\lambda}{t}tc^2}\right)\right)$$

$$P = h\left(\frac{1}{\lambda} + \left(\frac{c^2 - v^2}{\lambda c^2}\right)\right)$$

$$P = \frac{h}{\lambda}\left(1 + \left(\frac{c^2 - v^2}{c^2}\right)\right)$$

$$P = \frac{h}{\lambda}\left(1 + 1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$P = \frac{h}{\lambda}\left(2 - \frac{v^2}{c^2}\right) \qquad \textbf{(67.1)}$$

أي أنّ معادلة دي برولي تصبح:

$$\lambda = \frac{h}{P}\left(2 - \frac{v^2}{c^2}\right) \qquad \textbf{(68.1)}$$

هذا يعني أنّه إن كانت سرعة الموجة مساوية لسرعة الضوء فإنّ:

$\lambda = \frac{h}{P}$ **أو بصورة أشمل، إن كان الزخم ثابتا فإنّ:**

$$\left(\frac{h}{P}\right)_{v=c} \le \lambda \le \left(\frac{2h}{P}\right)_{v=0} \qquad (69.1)$$

ونستطيع الوصول إلى $\lambda = \frac{2h}{P}$ **من خلال علاقة الطاقة للجسيم المتحرك بحركة غير نسبية بطيئة (مقاربة للسكون مقارنة بسرعة الضوء):**

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

$E = \frac{p^2}{2m}$ **فإذا اعتبرنا أن للجسم المتحرك موجة فإنّ طاقته هي:** $E = \hbar\omega$

$$\hbar\omega = \frac{p^2}{2m}$$

$$\frac{h}{t} = \frac{(\lambda IBt)^2}{2qBt}$$

$$h = \frac{\lambda^2 qB}{2}$$

$$h = \frac{\lambda(\lambda qB)}{2}$$

$2h = \lambda P$ **ومنها:**

$$\lambda = \frac{2h}{P}$$

بينما نستطيع الوصول إلى $\lambda = \frac{h}{P}$ **عن طريق العلاقة:** $E = mc^2$ **وأن الجسيم له موجة تسير بسرعة الضوء وطاقتها لها علاقة أيضا** $E = \hbar\omega$

$$\hbar\omega = mc^2$$

$$\frac{h}{t} = qBtc^2$$

$$h = qBt^2\left(\frac{\lambda}{t}\right)^2$$

ومنها: $h = qB\lambda^2$

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

معادلة شرودنجر

بما أننا وجدنا أنّ معادلة دي برولي قد أصابها التعديل اللازم نتيجة خضوع الكتلة للاشتقاق، فإنّ معادلة شرودنجر سيحصل عليها التغيّر المناسب لأنها في أساسها تعتمد على فكرة دي برولي ومعادلته لطول الموجة.

من المعلوم أن شرودنجر قد ابتدأ معادلته بافتراض توافق المعادلتين الافتراضيتين الآتيتين:

المعادلة: $\alpha\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2} + V(x,t)\psi(x,t) = \beta\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t}$ **ثمّ البحث عن معادلة عامة للموجة بحيث إن طبقت عليها هذه المعادلة تعطينا المعادلة الناتجة عن معادلة حفظ الطاقة، وهي:**

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + V$$

وبتعديل هذه المعادلة لتشمل الزخم بدل طاقة الحركة: $E = \frac{p^{\ 2}}{2m} + V$

طاقة الجسيم المتحرك تساوي مجموع طاقتيه: الطاقة الحركية وطاقة الوضع، وبتعديل هذه المعادلة باستخدام: $P=\frac{h}{\lambda}\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)$ ، $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ ، $E=hf$ ، $\omega=2\pi f$ ، $\hbar=\frac{h}{2\pi}$

$$\hbar\omega=\frac{\hbar^2k^2\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)^2}{2m}+V$$

بالطبع المعادلة التي عمل شرودنجر على مجاراتها كانت على الشكل الآتي:

$$\hbar\omega=\frac{\hbar^2k^2}{2m}+V$$

الآن افترض شرودنجر أنّ الشكل العام لمعادلة موجة الجسيم هي:

$$\psi\left(x,t\right)=\cos(kx-\omega t)+i\sin(kx-\omega t)$$

بإيجاد المشتقة الثانية لهذه المعادلة بالنسبة للمسافة وإيجاد المشتقة الأولى بالنسبة للزمن ثمّ ادراج النتاج في المعادلة العامة الأولى ومقارنتها بشكل المعادلة المطلوب نحصل على:

$$-\alpha k^2+V=\frac{\beta\omega}{i}$$

الآن بمقارنة هذه النتيجة مع المعادلة المطلوبة، وهي: $\hbar\omega=\frac{\hbar^2k^2\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)^2}{2m}+V$ ، نرى أن:

$$\alpha=-\frac{\hbar^2\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)^2}{2m}$$

$$\beta = i\hbar$$

بتعويض هذه القيم في المعادلة الافتراضية العامة الأولى نحصل على الشكل الجديد لمعادلة شرودنجر:

$$-\frac{\hbar^2\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)^2}{2m}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t} \quad \textbf{(70.1)}$$

$$-\frac{\hbar^2\left(2c^2-v^2\right)^2}{2mc^4}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t}$$

وإذا كان: $E=mc^2$ **وكان** $E=\hbar\omega$ **فإنّ**

$$-\frac{\hbar^2\left(2c^2-v^2\right)^2}{2Ec^2}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t}$$

وكذلك: $-\frac{\hbar\left(2c^2-v^2\right)^2}{2\omega c^2}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t}$

$$-\frac{\hbar t\left(2c^2-v^2\right)^2}{4\pi c^2}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t} \quad \textbf{(71.1)}$$

أو بالإمكان التعبير عن هذه المعادلة بالشكل الآتي الأكثر تشابها مع رياضيات النسبية:

$$-\frac{\hbar t}{4\pi}\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)^2\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t} \quad \textbf{(72.1)}$$

وبما أن المتعارف عليه عند الفيزيائيين أنّ معادلة شرودنجر ليست نسبية، أي أنّها تتعامل مع السرعات دون النسبية – السرعات القليلة – فإنّ بإمكاننا التعبير عن الصيغة الأصلية لمعادلة شرودنجر المعدلة:

$$-\frac{\hbar^2\left(2-\frac{v^2}{c^2}\right)^2}{2m}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t}$$

للسرعات البطيئة نستطيع اعتماد $\frac{v^2}{c^2}\sim 0$ فنحصل على الصيغة الجديدة لمعادلة شرودنجر:

$$-\frac{2\hbar^2}{m}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}+V(x,t)\psi(x,t)=i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t} \qquad (73.1)$$

كثافة الطاقة

إذا عدنا لحيّز الالكترون فإنّ وجودنا في ذلك الحيّز الصغير من هذا الكون، حيّز الالكترون، يجعلنا بمزيد من التدبّر نرى بأنّ هذا الحيّز مليء بشيء ما، ولا يتنازع في ذلك اثنان على أن الذي يملأ ذلك الحيّز هو طاقة وليس مادّة. بل إن محتويات ذلك الحيّز من الطاقة لا تصلح بمفردها لأنّ تكون مادّة ملموسة مهما تراكم مقدارها. أو لو استطعنا أن نفصل كل الكترونات الكون ونجمعها في حيّز واحد – وهذا مستحيل طبعا لوجود التنافر – ولكن لنفترض أننا تجاوزنا المستحيل وجمعنا تلك الالكترونات في حيّز واحد فإنّ ذلك الحيّز لا يمكن لنا أن نراه أو نتعامل معه كمادة، هو نوع من الطاقة الضرورية لبناء المادّة ولكنها وحدها لا تفي بالغرض. مثل العجين والطحين والماء، لا تستطيع أن تعمل العجين دون الماء ولا يمكن للماء مهما تجمع أن يصبح عجينا ولا الطحين مهما تكدس أن يصبح عجينا. فالطحين والماء بمفردهما منعزلين يشكل كل منهما لبنة بناء أساسية للعجين ولكنهما ليسا عجينا. وهكذا طاقة الالكرتون بالنسبة للمادّة، تحتاج لطاقات النواة حتى تتمكن من المساهمة في بناء المادّة.

وبالنظر إلى معادلتنا نرى أنّه إن ضربنا الزخم $P=\lambda IBt$ في السرعة c نحصل على الطاقة $U=Pc=\lambda IBct$

وحجم الحيّز: $\frac{1}{24}\pi\lambda^3$

إذن كثافة الطاقة هي: $\rho_E = \frac{\lambda IBct}{\frac{1}{24}\pi\lambda^3}$ وبتبسيط هذه العلاقة نحصل على:

$$\rho_E = \frac{24IB}{\pi\lambda} \qquad (74.1)$$

أنظر إلى هذا الجمال والأصالة والبساطة والترابط، وكل هذا ناتج عن الشحنة وحركتها في حيّزها. ومحورية الحركة للشحنة تفسر غياب المجال الكهربائي من العلاقات التي نتوصل لها وتفسر دوام ظهور التيار والمجال المغناطيسي. لاحظ أنّ علاقة الزخم يمكن لنا إظهار الشحنة فيها وإخفاء التيار، لكنه ليس بإمكاننا إخفاء المجال المغناطيسي والتيار سويا.

وإذا ما عوضنا عن التيار بدلالة المجال المغناطيسي من علاقته المعروفة:

$$I = \frac{2\pi rB}{\mu_o} \Leftarrow B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

وكذلك $4r = \lambda$

$$\rho_E = \frac{12B^2}{\mu_o} \qquad (75.1)$$

كما يمكننا التعبير عن الطاقة بدلالة المجال الكهربائي للشحنة إذا علمنا أنّ $c = \frac{E}{B}$

$$U = Pc = \lambda IEt$$

وبذلك تكون كثافة الطاقة بدلالة المجال الكهربائي هي:

$$\rho_E = \frac{24qE}{\pi\lambda^2} \qquad (76.1)$$

وبما أن الكثافة هي نفسها أكانت بدلالة المجال المغناطيسي أو الكهربائي فإنّنا بمساواتهما نحصل على:

$$\frac{24IB}{\pi\lambda} = \frac{24qE}{\pi\lambda^2}$$

$$\lambda IB = qE \qquad (77.1)$$

وهذه العلاقة وجدناها عند معالجة قانون لورنتز.

كثافة الشحنة

وانطلاقا من الطاقة نستطيع الوصول إلى كثافة الشحنة. فمن معادلة الطاقة $U = \lambda IBct$ نرى أنّ الشحنة هي: $q = \frac{U}{\lambda Bc}$

الآن كثافة الشحنة هي مقدار الشحنة على حجم الحيّز:

$$\rho_q = \frac{U}{\lambda Bc} \times \frac{1}{V} = \frac{1}{\lambda Bc} \times \frac{U}{V}$$

$$\rho_q = \frac{1}{\lambda Bc} \times \rho_E = \frac{24IB}{\pi\lambda^2 Bc}$$

$$\rho_q = \frac{24I}{\pi\lambda^2 c} \qquad (78.1)$$

وبتعويض: $B = \frac{\mu_o I}{2\pi r} \Leftarrow I = \frac{2\pi rB}{\mu_o}$ و $4r = \lambda$

$$\rho_q = \frac{3B}{4\mu_0 \lambda c} \qquad (79.1)$$

لاحظ أنّنا الآن نستطيع التعبير عن معادلة ماكسويل لمنبع التدفق في المجال الكهربائي عن طريق هذه العلاقة:

(80.1) $$\nabla.E = \frac{3B}{4\varepsilon_0\mu_0\lambda c}$$

(81.1) $$\nabla.E = \frac{3E}{4\lambda}$$

كثافة التيار

وبنفس الطريقة نستطيع استخلاص كثافة التيار. فمن $U = \lambda IBct$ **يكون التيار:** $I = \frac{U}{\lambda Bct}$ **ولكن كثافة التيار تكون مقدار التيار الذي يمر من خلال مقطع مساحة معينة. أي أن:** $J = \frac{I}{A}$ **وبذلك بتعويض قيمة التيار نحصل على:** $J = \frac{U}{\lambda Bct} \times \frac{1}{A}$

ولكن حجم نموذجنا هو: $\frac{\pi\lambda^3}{24}$**، والمساحة منه هي الحجم مقسوما على طول الموجة، أي أنّ مساحة المقطع هي:** $\frac{\pi\lambda^2}{24}$

فإذا عوضنا قيمة المساحة في معادلة كثافة التيار ثمّ اوجدنا الحجم من تلك الصيغة التي تنتج فنكون عندها قادرين على أن نلجأ لكثافة الطاقة أو كثافة الشحنة لتبسيط كثافة التيار.

$J = \frac{U}{\lambda Bct} \times \frac{24}{\pi\lambda^2} = \frac{1}{Bct} \times \frac{24U}{\pi\lambda^3}$ **ولكن:** $\frac{24U}{\pi\lambda^3}$ **تساوي مقدار كثافة الطاقة، بتعويض هذه القيمة نحصل على:**

$J = \frac{1}{Bct}\rho_E$ **، وبتعويض قيمة كثافة الطاقة بدلالة التيار والمجال المغناطيسي:**

$$J = \frac{1}{Bct} \times \frac{24IB}{\pi\lambda} = \frac{24I}{\pi ct\lambda}$$

ولكنّنا أيضا نستطيع تبسيط ذلك إذا علمنا أن: $ct = \lambda$

$$J = \frac{24I}{\pi\lambda ct} = \frac{24I}{\pi\lambda^2} = \rho_q c \qquad (82.1)$$

قانون كولومب

يوصف لنا قانون كولومب القوة التي تؤثر بها شحنة كهربائية على أخرى (تجاذبا أو تنافرا) عن طريق العلاقة الآتية:

$F_2 = k\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21}$ أو بشكل عام $F = k\frac{q^2}{r^2}$ (إذا أخذنا بتساوى الشحنات بناءا على مبدأ التعادل الكوني، وكذلك للتبسيط)

فإذا كانت العلاقة بين الكتلة والشحنة $m = \left(\frac{\lambda}{c}\right)qB$ ومنها أن:

$$m = \left(\frac{\lambda}{c}\right)q\mathrm{B} \Rightarrow q = \frac{mc}{\lambda \mathrm{B}}$$

فإذا علمنا أنّ الشحنات الكهربائية كمومية ومتساوية، فشحنة الالكترون تساوي شحنة البروتون ولكنها مغايرة لها في النوع، لكن مقدارهما واحد. فإذا أخذنا أبسط مثال للشحنات لتمثيله بقانون كولمب وهو أنّنا نريد معرفة القوة التي يتنافر بها الكترونان متشابهان، فهذا يعني أنّ شحنتهما واحدة وأن طولهما الموجي متساو وأن مجالهما المغناطيسي أيضا متساو، بتعويض هذه القيم في قانون كولمب نحصل على:

$$F = \frac{k}{r^2}\left(\frac{mc}{\lambda \mathrm{B}}\right)^2 = k.\frac{m^2c^2}{\lambda^2\mathrm{B}^2r^2} \qquad (83.1)$$

وبتعويض قيمة الثابت: ($k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$) يأخذ قانون كولومب الصيغة:

(84.1) $$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{m^2 c^2}{\lambda^2 \mathrm{B}^2 r^2}$$

استخدمنا cكسرعة الضوء، ولكن إن كانت الشحنات متحركة بسرعة أقل من سرعة الضوء، يتم الاستعاضة عن cبـ v.

(85.1) $$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{m^2 v^2}{\lambda^2 \mathrm{B}^2 r^2}$$

هناك مفهوم ضمني في علوم الفيزياء مفاده أنّ المتغيرات المترابطة يجب أن تقاس عند دراستها من خلال حالة القصور الذاتي، أي السكون. فمثلا لإيجاد القوة بين شحنتين، يفترض قانون كولومب أن المسافة بينهما ثابتة وأنهما ساكنين. والعلاقة السابقة تحتوي على المجال المغناطيسي، وهذا المجال لا يمكن أن يكون إلا من خلال الحركة. ويمكن التوفيق بين الحالتين باعتماد أن كل مكونات الكون هي في حركة، لكن السكون يكون غير مطلق، السكون يكون بتساوي سرعات الأشياء قيد الدراسة وبثبات المسافة بينهما.

كما يمكن للعلاقة السابقة التعبير عنها بدلالة الزخم ($P = mv$) بين شحنتين أو الزخم بين كتلتين.

(86.1) $$F = k \frac{P^2}{\lambda^2 \mathrm{B}^2 r^2}$$

قانون نيوتين للجاذبية

ينص قانون نيوتن للجاذبية على الآتي:

$$F = -G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

فإذا ما اعتبرنا تماثل الكتلتين، كما اعتبرنا تماثل الشحنتين في حالة قانون كولومب، واعتبرنا أن $m = \left(\frac{\lambda}{v}\right) qB$ ، فإنّنا سنحصل على:

$$F = -G\frac{(\lambda q\mathrm{B})^2}{v^2R^2} = -G\frac{\lambda^2 q^2\mathrm{B}^2}{v^2R^2} = -G\frac{q^2\mathrm{B}^2t^2}{R^2} \qquad \textbf{(87.1)}$$

وإذا اردنا معرفة دالّة طاقة الوضع لكتلة في نقطة ما بعيدة عن الأرض بمقدار (r) بالنسبة للارض فإنّ طاقة الوضع هي عبارة عن القوة مضروبة في المسافة.

$$P_E = -G\frac{q^2\mathrm{B}^2t^2}{R} \qquad \textbf{(88.1)}$$

أي أن: $F = -\nabla P_E$

وهذا شبيه بعلاقة المجال الكهربائي بمجال فرق الجهد مع الأخذ بعين الاعتبار أن فرق الجهد هو مجال قِيَمي عددي بينما المجال الكهربائي هو مجال متجهات.

$$E = -\nabla\phi$$

ونستطيع المضي قدما في معالجة قانون نيوتن للجاذبية رياضيا، وقد تمكنا من التعبير عن ثابت الجاذبية بدلالة قوّة كولومب في معادلة (89.1): $G = \dfrac{vc^3}{8F_{coloumb}}$

لذلك فإنّ قوّة نيوتن للجاذبية تصبح:

$$F = -\frac{vc^3}{8F_{coloumb}}\frac{q^2\mathrm{B}^2t^2}{R^2}$$

$$F = -\frac{vc^3R^2}{8kq^2}\frac{q^2\mathrm{B}^2t^2}{R^2}$$

$$F = -\frac{vc^3\mathrm{B}^2t^2}{8k}$$

$$F = -\frac{4\pi\varepsilon_0 v c^3 \mathrm{B}^2 t^2}{8}$$

$$F = -\frac{1}{2\mu_0}\pi v c \mathrm{B}^2 t^2$$

وإذا عوضنا عن المجال المغناطيسي بدلالة التيار:

$$F = -\frac{1}{2\mu_0}\pi v c\left(\frac{{\mu_0}^2 I^2}{4\pi^2 r^2}\right)t^2$$

R: هي المسافة بين الكتلتين (الشحنتين)، بينما r: هي نصف قطر الكتلة الواحدة (نصف قطر السلك الذي يمر به التيار).

$$F_{Newton} = -\frac{v}{2c}k\left(\frac{q^2}{r^2}\right) \qquad \textbf{(90.1)}$$

لاحظ كيف أنّ قوّة نيوتن هي نسبة سرعة الكتلة (أو الكتلتين) بالنسبة لضعف سرعة الضوء. لذلك تكون قوّة نيوتن ضئيلة جدا مقارنة بقوة كولومب. وهذه الضآلة نستطيع رؤيتها كالآتي:

$$\frac{Newton}{Coulomb} = \frac{Gm^2}{kq^2}$$

مثال: لنرى النسبة بين قانون نيوتن وقانون كولومب لالكترونين.

$$\frac{Gm^2}{kq^2} == \frac{6.674\times10^{-11}\times\left(9.1\times10^{-31}\right)^2}{8.99\times10^{9}\times\left(1.6\times10^{-19}\right)^2} = 2.4\times10^{-43}$$

فإذا علمنا من باب ثابت الجاذبية أنّ $v = \frac{2\pi R}{t}$ فإنّ قوّة نيوتن للجاذبية ستكون:

(91.1) $$F = -\frac{\pi R}{ct} k\left(\frac{q^2}{r^2}\right)$$

أمّا إن اعتمدنا أنّ أي مسافة على أي زمن في العلاقة يمكن تبديلها بسرعة الضوء. فإننا نحصل على:

$$F = -G\frac{q^2 \mathrm{B}^2}{c^2}$$

ومن ثابت الجاذبية: $G = \frac{vc^3}{8F_{coloumb}}$

لذلك فإنّ قوّة نيوتن للجاذبية تصبح:

$$F = -\frac{vc}{8F_{coloumb}} q^2 B^2 = -\frac{vcr^2}{8kq^2} q^2 B^2$$

$$F = -\frac{1}{2}\pi\varepsilon_0 v r^2 EB$$

هذا يعني فيما يعنيه أنّه لا يوجد قوّة منفصلة اسمها الجاذبية، ما نعتبره قوّة الجاذبية هو قوّة كهربائية تعتمد على مقدار الشحنة للجسمين (الشحنة هي المنتجة للمجال الكهربائي) والمسافة بين الجسمين. وما يدعّم هذا الرأي هو أيضا متوفر لدى العلماء منذ آينشتاين ولكنه لم يدق أي جرس في أذهان العلماء، إنه علاقة الطاقة بالكتلة من خلال معادلة آينشتاين للطاقة. مجرد تحول الكتلة إلى طاقة يعني في حد ذاته أن قوّة الجاذبية التي هي في أساسها تعتمد على الكتلة هي نوع من أنواع قوى الطاقة، وبلا شك أن قوّة الجاذبية ليست من قوى الطاقة. لأنّ الطاقة هي كهرومغناطيسية (والحرارية هي أيضا كهرومغناطيسية). هذا يعني أنّه لا يوجد قوّة منفصلة اسمها الجاذبية. وأنّ تأثيرات ما

يعتقد بأنّه قوّة الجاذبية هي نابعة عن قوى أخرى، إما الكهرومغناطيسية و أو زخم الحركة.

وهناك مؤشر فيزيائي يؤزنا أزّا للتدبّر في صوابية وجود قوّة الجاذبية، وهو طبيعة وشكل مدار الأرض حول الشمس. لماذا مدارها اهليجي إن كان ما يحكم مسارها حول الشمس هو قوّة الجاذبية؟ وما هو متعارف عليه أنّ قوى الجاذبية لا تتغير إلا بتغير الكتلة للجسمين، فما هو العامل الذي يتحكم في مجال المسافة بين الأرض والشمس؟ وكيف تستطيع هذه القوة أن تسمح للأرض أن تكون أقرب للشمس في حالات وأبعد عن الشمس في حالات أخرى؟ فإنّ كانت قوّة الجاذبية الصادرة عن الشمس هي التي تأتي بالأرض إلى جهة الشمس وهي في الموقع الأبعد عن الشمس، فكيف لهذه القوة أن تضعف عندما تكون الأرض أقرب ما يكون للشمس وتسمح لها بالابتعاد مجددا؟ لماذا لا تجذبها لها إن كان كتلتي الشمس والأرض ثابتتين والمسافة بينهما أقل ما يكون؟

إذا استعنّا بقيمة ثابت الجاذبية الذي توصلنا له في بابه ليكون: $G=\frac{vc^3}{8F_{coloumb}}$ فإنّ قانون نيوتن للجاذبية ستكون له صورة أخرى:

$F_{Newton}=G\frac{m^2}{r^2}$ (في حال تساوي الكتلتين)، وبتعويض قيمة الثابت $G=\frac{vc^3}{8F_{coloumb}}$ تصبح قوّة نيوتن:

$$F_{Newton}=\frac{vc^3}{8F_{coloumb}}\times\frac{m^2}{r^2}$$

$$F_{Newton}=\frac{vc^3}{8k\left(\frac{q^2}{r^2}\right)}\times\frac{m^2}{r^2}$$

(92.1) $$F_{Newton} = \frac{vc^3}{8k} \times \frac{m^2}{q^2}$$

(93.1) $$F_{Newton} = \frac{1}{2}\pi\varepsilon_0 vc^3 \times \frac{m^2}{q^2}$$

هذه المعادلة عجيبة! فهي تحدّد قيمة القوة بين جسمين إذا علمنا فقط كتلتيهما وشحنتيهما وسرعتيهما، ولا حاجة لنا لمعلومات إضافية أخرى. وبغض النظر عن مكانهما في هذا الكون، فقد يكون أحدهما في طرف الكون والآخر مقابله على الطرف الثاني للكون فإنّ القوة بينهما ثابتة المقدار حتى وإن كانا قريبين من بعضهما البعض.

كما أنّ هذه العلاقة تبيّن لنا أنّ قوّة نيوتن في أصلها هي علاقة تخص الشحنة لأنّ الكتلة هي تأثير ناتج عن الشحنة وحركتها كما بين هذا العمل. ولئن عوضنا مكان الكتلة مكافئها من الشحنة (qBt) لوجدنا أننا سنعود بالقانون إلى صيغة تعتمد المجال المغناطيسي ومن ثمّ المجال الكهربائي:

$$F_{Newton} = \frac{1}{2}\pi\varepsilon_0 vc^3 \times \frac{q^2B^2t^2}{q^2}$$

$F_{Newton} = \frac{1}{2}\pi\varepsilon_0 vc \times \lambda^2 B^2$ وإذا كانت $cB = E$

(94.1) $$F_{Newton} = \frac{1}{2}\pi\varepsilon_0 \lambda^2 E^2 \left(\frac{v}{c}\right)$$

وإذا كان: $\lambda = 4r$

$$F_{Newton} = 8\pi\varepsilon_0 r^2 E^2 \left(\frac{v}{c}\right) \square$$

لاحظ أيضا أنّنا إذا ابتدأنا من العلاقة: $m = qBt = \frac{2\mu_0 q^2}{\pi\lambda}$ مستذكرين أن: $\lambda = 4r$ وما توصلنا له من علاقة ثابت الجاذبية: $G = \frac{\nu c^3}{8F_{coloumb}}$ فإنّنا سنحصل على صيغة أخرى جديدة لقانون نيوتن للجاذبية، وهو:

$$F_{Newton} = \frac{\nu c^3}{8F_{coloumb}} \left(\frac{2\mu_0 q^2}{\pi\lambda} \right)^2 \frac{1}{R^2}$$

$$F_{Newton} = \frac{R^2 \nu c^3}{2R^2 k q^2} \frac{{\mu_0}^2 q^4}{\pi^2 \lambda^2}$$

$$F_{Newton} = \frac{2\varepsilon_0 {\mu_0}^2 \nu c^3 q^2}{\pi\lambda^2}$$

$$F_{Newton} = \frac{2\nu I^2 t^2}{\pi\varepsilon_0 c\lambda^2}$$

$$F_{Newton} = \frac{2\nu I^2}{\pi\varepsilon_0 c^3} \quad (95.1)$$

$$F_{Newton} = k\frac{8\nu I^2}{c^3} \quad (96.1)$$

أو

$$F_{Newton} = \frac{2\nu\mu_0 I^2}{\pi c} \quad (97.1)$$

والتيار تربيع هو نتيجة اعتبارنا أنّ الكتلتين متماثلتين، فإن كانتا مختلفتين فإنّه عندها يكون: $I^2 = I_1 I_2$ ولا وجود للكتلة في العلاقة! لاحظ كذلك أنّ باستطاعتنا التعويض عن التيار بدلالة الشحنة على الزمن فتصبح علاقة قانون نيوتن للجاذبية:

$$F_{Newton} = \frac{2vq^2}{\pi\varepsilon_0 c\lambda^2} \quad (98.1)$$

قانون نيوتن الثاني:

ينص قانون نيوتن الثاني على أنّ معدل التغيّر في زخم الجسم المتحرك يتناسب مع القوة المؤثّرة فيه.

$$F = K\frac{d}{dt}(Mv)$$

وبما أن الكتلة تم التعامل معها على أنها مقدار ثابت:

$$F = K\frac{d}{dt}(Mv) = KM\frac{dv}{dt} = KMa$$

حيث K : ثابت يمكن تجاهله. أي أنّه إن أثرت قوّة على جسم ما فإنها تكسبه تسارعا يتناسب طرديا مع قوته وعكسيا مع كتلته: $F = ma$

لكنّنا في هذا العمل وجدنا أنّ الكتلة متغيرة ولها مشتقة وبما أنّ القوة هي مشتقة الزخم في الزمن، فإنّ

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt}$$

$$F = \frac{dp}{dt} = ma + v(qB) \quad \text{حيث} \quad \frac{dm}{dt} = qB$$

إذن تبين معنى الآن أن قانون نيوتن الثاني لا يمثّل الحقيقة الفيزيائية للقوة. بل إنّ القوة الحقيقية هي:

$$F = ma + qvB \quad (99.1)$$

لاحظ أنّ القوة الناتجة عن الشحنة والمجال المغناطيسي هنا هي قوّة مساندة بينما في حالة قوّة لورنتز كانت قوّة معاندة.

وللتعبير عن قوّة نيوتن بدلالات فيزياء نيوتن (كتلة وسرعة وتسارع) نستعين بمعادلتنا الأصلية $mv = \lambda qB \Rightarrow qB = \frac{mv}{\lambda} = \frac{m}{t}$ ومنها تصبح القوة:

$$F = ma + \frac{mv}{t}$$

$$F = ma + ma$$

$$F = 2ma \qquad \textbf{(100.1)}$$

أولا: بتعويض قيمة الكتلة من معادلتنا للزخم $mv = \lambda qB$ نحصل على

$F = \left(\left(\frac{\lambda}{v}\right)qB\right)a$ وإذا كان: $a = \frac{v}{t}, v = \frac{\lambda}{t}$ يصبح لدينا

$$F = 2\left(\left(\frac{\lambda}{v}\right)qB\right)\left(\frac{v}{t}\right) = 2\left(\frac{\lambda}{t}\right)qB = 2qBv$$

وإذا تدبرنا قانون نيوتن الثاني $F = 2ma$ كهربائيا، بدلالة $F = 2qE$ (العدد 2 تأسيا بما وجدناه في $F = 2ma$، لأنّه عندما $v = c$ فإنه $F = 2qE$) و $m = \frac{\lambda IBt}{v}$ و $a = \frac{v}{t}$ فإنّنا نحصل على: $qE = \frac{\lambda IBt}{v}\left(\frac{v}{t}\right)$ وبما أن $q = It$ فإنّنا سنحصل على:

$$Et = \lambda B \qquad \textbf{(101.1)}$$

$$\frac{E}{B} = \frac{\lambda}{t} = c \qquad \textbf{(1.102)}$$

ومن $Et = \lambda B$ نحصل على:

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{1}{\lambda} E \qquad (103.1)$$

ومن معادلة ماكسويل $CurlE = -\frac{\partial B}{\partial t}$ نحصل على:

$$\nabla \times E = \frac{-1}{\lambda} E \qquad (104.1)$$

وإذا تابعنا من $F = qBv$ للتعبير عن القوة بدلالة متغير فيزيائي واحد فإنّنا سنصل إلى:

$$F = (It) B\omega R$$

$$F = I\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\right)\left(\frac{2\pi R}{t}\right)$$

$$F = I\left(\frac{\mu_0 I}{\frac{\lambda}{4}}\right) R$$

$$F = \frac{4\mu_0 I^2 R}{\lambda} \qquad (105.1)$$

فإنّ كان: $r = \frac{\lambda}{4}$ فإنّ: $B = \frac{2\mu_0 I}{\pi\lambda} \Rightarrow I = \frac{\pi\lambda B}{2\mu_0}$

$$F = \frac{4\mu_0 R}{\pi\lambda} \times \left(\frac{\pi\lambda B}{2\mu_0}\right)^2$$

$$F = \frac{\pi\lambda R B^2}{\mu_0}$$

هذه المعادلة تعطينا علاقة خاصة للشحنة الكهربائية:

$$qvB = \frac{\pi\lambda RB^2}{\mu_0}$$

$$q\frac{2\pi R}{t} = \frac{\pi\lambda RB}{\mu_0}$$

$$q = \frac{\lambda Bt}{2\mu_0} \qquad \textbf{(106.1)}$$

أو بدلالة المجال الكهربائي، إن كان: ($cB = E$) وكان: $\mu_0 = \frac{1}{\varepsilon_0 c^2}$

$$q = \frac{1}{2}\lambda\varepsilon_0 cEt \qquad \textbf{(107.1)}$$

لاحظ أننا حصلنا على مشتقة الشحنة بالنسبة للزمن:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\lambda B}{2\mu_0} = \frac{1}{2}\lambda\varepsilon_0 cE \qquad \textbf{(108.1)}$$

وإن عوضنا عن المجال المغناطيسي بدلالة التيار:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\lambda(\mu_0 I)}{2\mu_0(2\pi r)}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{I}{\pi} \qquad \textbf{(109.1)}$$

وهي علاقة متوقعة لأن التيار هو معدل تغير الشحنة في الزمن، والثابت π هو نتيجة الافتراضات البعدية التي بحاجة إلى تهذيب.

كما أننا نحصل على علاقة للمجال المغناطيسي:

$$B = \frac{2\mu_0 q}{\lambda t} \qquad (110.1)$$

كما أننا نحصل على الليّ في الشحنة:

$$\nabla \times q = \frac{1}{2}\varepsilon_0 cEt \qquad (111.1)$$

سرعة دوران الالكترون قبل

هنا سنبحث في تحديد سرعة دوران الالكترون الأول حول النواة وكلمة قبل في العنوان للتدليل على أن القوة المستعملة هي قوّة نيوتن التقليدية $F = ma$ وليس $F = ma + qvB$.

يفترض علماء الفيزياء منذ نموذج رذرفورد ونموذج بور للذرة أنّ الالكترون سالب الشحنة يدور حول النواة موجبة الشحنة. فإذا أخذنا هذا المنحى وطبقنا علاقتنا الجديدة فإنّنا سنصل إلى الآتي:

لا بدّ أنّ هناك قوتان متعادلتان حتى يبقى الالكترون في مداره: القوة الناتجة عن عزم الالكترون نتيجة كتلته وتسارعة (قانون نيوتن الثاني)، والقوة الكهربائية الناتجة عن جذب البروتون موجب الشحنة للالكترون سالب الشحنة (في حالة ذرّة الكربون: الكترون واحد وبروتون واحد):

$$ma = F_{coulomb}$$

وبما أننا نفترض نموذج دوران كروي فإنّ التسارع هو: $a = \omega^2 r$ حيث r: نصف القطر، و $\omega = 2\pi f$، حيث f: عدد الدورات في الثانية (التردّد) ويساوي: $f = \frac{1}{t}$

$$m\omega^2 r = \frac{kq^2}{r^2}$$

$m\frac{\omega^2 r^2}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$ **لكن** $v = \omega r$ **السرعة الدائرية**

$\frac{mv^2}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$ **لكن** $m = qBt$

$$\frac{qBtv^2}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$$

هذه العلاقة تحمل في طياتها الكثير من المعاني. فهي أولا تعطينا العلاقة بين القوة المغناطيسية (qBv **) وقوة كولومب (** $\frac{kq^2}{r^2}$ **) حيث:**

$$qBv = \frac{qBtv^2}{r} = \left(F_{coulomb}\right)\left(\frac{r}{tv}\right)$$

فإذا التزمنا بالحركة الدائرية: $v = \omega r = \frac{2\pi r}{t}$

$$qBv = \frac{F_{coulomb}}{2\pi}$$

لكننا أيضا نستطيع إيجاد علاقة للسرعة من خلال: $\frac{qBtv^2}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$

$$\frac{qBt\left(\frac{2\pi r}{t}\right)v}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$2\pi Bv = \frac{kq}{r^2}$$

$$v = \frac{kq}{2\pi r^2 B} \qquad \textbf{(112.1)}$$

هذا فيما يتعلق بوجود الكترون واحد وبروتون واحد: كما هو الحال في ذرّة الكربون: الكترون واحد وبروتون واحد. أما إن كان هناك عدد بروتونات أكثر من واحد (n) فإنّ أول الكترون ستكون سرعته:

$$v = \frac{nkq}{2\pi r^2 B}$$

ومن هذه العلاقة نستطيع ايجاد سرعة الالكترون في مداره بدلالة سرعة الضوء:

من العلاقة: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ (هذه العلاقة تصلح أيضا في حال كون السلك الحامل للتيار الكهربائي سمكه يتكون فقط من ذرّة واحدة وبذلك يكون نصف القطر هو نفس المسافة المعتمدة في قانون كولومب في درسنا هذا)

بالتعويض نحصل على:

$$v = \frac{2\pi rkq}{2\pi r^2 \mu_0 I}$$ وبما أن: $\frac{q}{I} = t$ و $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ و $c^2 = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0}$

$$v = \frac{c^2 t}{4\pi r}$$

$$v = \frac{c^2}{2\left(\frac{2\pi r}{t}\right)}$$

$$v^2 = \frac{c^2}{2}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{2}} c \qquad \textbf{(113.1)}$$

وفي حالة وجود أكثر من بروتون، تكون السرعة للالكترون الأول:

$$v = \frac{n}{\sqrt{2}}c \qquad \textbf{(114.1)}$$

سرعة دوران الالكترون بعد

هنا سنبحث في تحديد سرعة دوران الالكترون الأول حول النواة بعد التعديل في قوّة قوّة نيوتن التقليدية $F = ma$ **حيث اصبحت** $F = ma + qvB$.

$$ma + qvB = F_{coulomb}$$

وبما أننا نفترض نموذج دوران كروي فإنّ التسارع هو: $a = \omega^2 r$ **حيث** r **: نصف القطر،**

و $\omega = 2\pi f$ **، حيث** f **: عدد الدورات في الثانية (التردّد) ويساوي:** $f = \frac{1}{t}$

$qBt\omega^2 r + qB\omega r = \frac{kq^2}{r^2}$ لكن $v = \omega r$ السرعة الدائرية، وأيضا $m = qBt$

$$2\pi qB\omega r + qB\omega r = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$qBv(1+2\pi) = (F_{coulomb})$$

$$qBv = \frac{F_{coulomb}}{1+2\pi}$$

$$v = \frac{kq}{(1+2\pi)r^2 B} \qquad \textbf{(115.1)}$$

هذا فيما يتعلق بوجود الكترون واحد وبروتون واحد: كما هو الحال في ذرّة الكربون: الكترون واحد وبروتون واحد. أما إن كان هناك عدد بروتونات أكثر من واحد (n) فإنّ أول الكترون ستكون سرعته:

$$v = \frac{nkq}{(1+2\pi)r^2 B}$$

ومن هذه العلاقة نستطيع ايجاد سرعة الالكترون في مداره بدلالة سرعة الضوء:

من العلاقة: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ (هذه العلاقة تصلح أيضا في حال كون السلك الحامل للتيار الكهربائي سمكه يتكون فقط من ذرّة واحدة وبذلك يكون نصف القطر هو نفس المسافة المعتمدة في قانون كولومب في درسنا هذا)

بالتعويض نحصل على:

$$v = \frac{2\pi rkq}{(1+2\pi)r^2\mu_0 I}$$ وبما أن: $\frac{q}{I} = t$ و $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ و $c^2 = \frac{1}{\mu_0\varepsilon_0}$

$$v = \frac{c^2 t}{2(1+2\pi)r}$$

$$v = \frac{c^2}{2\left(\frac{r}{t} + \frac{2\pi r}{t}\right)}$$

$$v = \frac{c^2}{\frac{v}{\pi} + 2v}$$

$$v^2 = \frac{\pi}{2\pi+1}c^2$$

(116.1) $$v = \sqrt{\frac{\pi}{2\pi+1}}c$$

وفي حالة وجود أكثر من بروتون، تكون السرعة للالكترون الأول:

(117.1) $$v = \sqrt{\frac{\pi}{2\pi+1}}nc$$

طاقة انفلات الالكترون

وبنفس المنطق كما في تحديد سرعة دوران الالكترون نستطيع حساب الطاقة اللازمة لنزع الالكترون من مداره (في حالة ذرّة الكربون: الكترون واحد وبروتون واحد). الطاقة ستكون مساوية للتغلب على الشغل الذي يبذله الالكترون نتيجة زخمه والشغل الذي يبذله البروتون نتيجة جذبه للالكترون، أي أن:

$$E = Pc - Fr$$

إذا كانت طاقة الزخم أكبر من طاقة الجذب سينفلت الالكترون.

$$E = mvc - \frac{kq^2}{r}$$

وبتعويض قيمة السرعة كما وجدناها في الباب السابق، 'ولنبق على عهد نيوتن':

$$v = \frac{1}{\sqrt{2}}c$$

وبتعويض قيمة الكتلة: $m = qBt$ $E = \frac{mc^2}{\sqrt{2}} - \frac{kq^2}{r}$

وبتعويض قيمة المجال المغناطيسي: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $E = \frac{qBtc^2}{\sqrt{2}} - \frac{kq^2}{r}$

$$E = \frac{q\mu_0 Itc^2}{2\pi r\sqrt{2}} - \frac{kq^2}{r}$$

$$E = \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 r\sqrt{2}} - \frac{kq^2}{r}$$

$$E = \frac{\sqrt{2}kq^2}{r} - \frac{kq^2}{r}$$

$$E = \frac{kq^2}{r}\left(\sqrt{2}-1\right) \qquad \textbf{(118.1)}$$

ومن هذه المعادلة ومن و $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ **و** $\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$ **و** $v^2 = \frac{c^2}{2}$ **نستطيع ان نجد كتلة الانفلات للالكترون:**

$$E = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r}\left(\sqrt{2}-1\right)$$

$$E = \frac{\mu_0 v^2 q^2}{2\pi\varepsilon_0 r}\left(\sqrt{2}-1\right)$$

$E = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu_0 q^2}{\pi r}\left(\sqrt{2}-1\right)\right)v^2$ **وهذه على شكل:** $E = \frac{1}{2}mv^2$ **وهذا متوقع لأنّ طاقة الالكترون عند الانفلات هي طاقة حركية محضة.**

إذن كتلة الانفلات هي:

$$m = \frac{\mu_0 q^2}{\pi r}\left(\sqrt{2}-1\right) \qquad \textbf{(119.1)}$$

أو بصيغة أكثر اعتيادا:

(120.1) $$m = \frac{\mu_0 q^2}{2\pi r}\left(2\sqrt{2}-2\right)$$

لأنّه الآن من السهل أن نعود بهذه الصيغة إلى الأصل مضروبة في ثابت:

$$m = qBt\left(2\sqrt{2}-2\right)$$

أي أن: $E = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu_0 q^2}{2\pi r}\right)v^2\left(2\sqrt{2}-2\right)$

$E = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu_0 q^2}{2\pi r}\right)v^2\alpha$ **حيث** α **هي ثابت مقداره:** $\alpha = \left(2\sqrt{2}-2\right)$

هذا يعني: أنّ كتلة الالكترون لا دور لها في عملية الانفلات! أو بعبارة أخرى أن الكتلة وهم والحقيقة هي الشحنة ودورها؛ ويعني: أنّ كتلة الالكترون متغيرة بحسب نوع المادّة ونفاذيتها للمجال المغناطيسي. وبما أنّ النفاذية المغناطيسية لها علاقة بسرعة الضوء والنفاذية الكهربائية، فإنّ كتلة الالكترون تعتمد أيضا على سرعة الضوء ونفاذية الكهرباء في المادّة المنفلت منها الالكترون.

لاحظ أننا إذا ابتدأنا من المعادلة: $E = Pc - Fr$ **معتبرين أن الزخم هو** $P = mc$ **فإنّنا سحصل على:** $E = Pc - Fr = 0$ **وذلك كالآتي:**

$$E = qBt\frac{c^2}{2} - \frac{kq^2}{r}$$

$$E = q\frac{\mu_0 I}{2\pi r}t\left(\frac{1}{2\mu_0\varepsilon_0}\right) - \frac{kq^2}{r}$$

$$E = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r} - \frac{kq^2}{r} = 0$$

نستطيع أن نستخلص من ذلك أن مربع سرعة الالكترون يجب أن يكون أكبر من نصف مربع سرعة الضوء حتى يتمكن الالكترون من الافلات. عندما تكون $v^2 = \frac{c^2}{2}$ فإنّ طاقة الزخم للالكترون ستساوي طاقة الوضع الناتجة عن قوّة الجذب ولن يتمكن الالكترون من الإفلات، إن قلّت السرعة عن هذا المقدار ستكون طاقة الزخم للالكترون أقل من طاقة الوضع، بينما إن زادت عن هذا الحدّ فإنّ الالكترون سيفلت من مداره.

العلاقة بين المشتقة الثانية للكتلة والقوة

وجدنا أنّ المشتقة الثانية للكتلة هي: $\frac{d^2m}{dt^2} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r}$، وفي باب قانون نيوتن الثاني وجدنا أن: $F = \frac{4\mu_0 I^2 R}{\lambda}$ لاحظ أنّ وحدة هذه العلاقة تتحدّد من خلال التيار الكهربائي والنفاذية المغناطيسية لأنّ نصف القطر وطول الموجة يلغي كل منهما وحدة الآخر، بعبارة أخرى نستطيع أن نقول بأنّ $F = Y\mu_0 I^2$ حيث Y هي ثابت عددي نستطيع اهماله في بحثنا عن دور القوة والمشتقات.

إذن القوة هي حاصل ضرب إحدى مضاعفات نصف القطر في المشتقة الثانية للكتلة.

$$F = Yr \times \frac{d^2m}{dt^2} = Yr \times \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} = Y\mu_0 I^2 \qquad \textbf{(121.1)}$$

ولنتذكر أن مضاعفات نصف القطر لها علاقة بطول الموجة، إذن القوة هي إحدى مضاعفات طول الموجة (مضاعف عددي مقداره S) في المشتقة الثانية للكلتة.

$$F = S\lambda \times \frac{d^2m}{dt^2} \qquad \textbf{(122.1)}$$

وهذا أيضا يفتح لنا بابا للتفكر في التوازن بين الكتلة والمسافة فيما يخص القوة: بحيث أن حاصل ضرب المشتقة الزمنية الثانية للمسافة في الكتلة هو نفس حاصل ضرب المشتقة الزمنية الثانية للكتلة في المسافة.

وإذا نظرنا في المشتقة الأولى لحاصل ضرب الكتلة في المسافة سنجد أنّنا نحصل على الزخم:

$$\frac{d(m\lambda)}{dt} = m\frac{d(\lambda)}{dt} + \lambda\frac{d(m)}{dt}$$

$$\frac{d(m\lambda)}{dt} = mv + \lambda qB$$

إذن المشتقة الأولى لحاصل ضرب الكتلة في المسافة هي الزخم، وهذا منطقي، أن يكون الزخم هو تغيّر حاصل ضرب الكتلة في المسافة.

$$P = mv + \lambda IBt \qquad \textbf{(123.1)}$$

لاحظ أن البذرة التي أنتجت كل هذا البحث هو الشق الأخير من هذه المعادلة عندما اعتبرنا أنّ الزخم هو حاصل ضرب الحيّز في الزمن اعتبرنا أنّ أبعاد الحيّز هي التيار والمجال المغناطيسي وطول الموجة ($P = \lambda IBt$). لكن المعادلة الأخيرة تعطينا الزخم بشقيه: الكهرومغناطيسي (المعبر عنه بالتيار والمجال المغناطيسي والمسافة) والكلاسيكي (المعبر عنه بالكتلة والسرعة).

لكن التوازن الذي لفت انتباهنا لوجود هذه العلاقة هو التوازن والتماثل فيما بين جزأي المشتقة الأولى لحاصل ضرب المسافة في الكتلة: أي أنّ المسافة في مشتقة الكتلة تكافيء الكتلة في مشتقة المسافة. كما وجدنا أنّ المشتقة الثانية للكتلة في المسافة تكافيء المشتقة

الثانية للمسافة في الكتلة. ولربما يكون هذا التماثل متواجد في كل العلاقات الفيزيائية الأخرى!

وإذا دققنا في متغيرات المشتقة الثانية للكتلة نجد أنّها تمثّل الجانب الزمني من الكتلة دون الجانب الفراغي أو المكاني. $\frac{d^2m}{dt^2}=\frac{\mu_0 I^2}{2\pi r}$

$\frac{d^2m}{dt^2}=IB$ وهذا يمثّل الجانب الزمني من الكتلة، أي أنّ الكتلة بهذه الشروط وحدها لا تتحقق، بل إن هذه المقادير الفيزيائية (المجال المغناطيسي والتيار الكهربائي). حاصل الضرب هذا في هذه الحالة يعطينا مقدارا فيزيائيا زمانيا (تخيليا) لا يمكننا أن نتحقق من وجوده على الحقيقة إلا باستكمال الأبعاد لنخرجه من حالة التخيل إلى الحقيقة. فدون الزمن لا يوجد تيار ومن ثمّ لا يوجد مجال مغناطيسي (لذلك قلت بأنّ هذا المقدار هو مقدار فيزيائي زمني تخيلي غير متحقق)، يتحقق فقط في حالتين: بإضافة عنصر الوقت (الزمن) فيصبح المقدار معدل تغيّر الكتلة في الزمن؛ أو بإضافة بعد المكان (λ) فيصبح المقدار الفيزيائي الجديد هو القوة التي يمثلها حيّز المشتقة الثانية للكلتة في ذلك الحيّز.

هذه القوة التي نستخلصها من المشتقة الثانية للكتلة في المسافة هي تكافيء مجال هيجز، المجال الضروري لخلق الكتلة عن طريق جسيمات البوزون. بل إنّ أي كتلة لا يمكن أن يتحقق وجودها إلا أن تكون قد تأثّرت بمجال هذه القوة: مرحلة المقدار التخيلي في الزمان مضروبا في مسافة المكان: $F=\lambda(IB)$.

لذلك فإنّنا نستطيع ربط مفهوم المشتقة الثانية للكتلة $\frac{d^2m}{dt^2}=IB$ بالجزيئيات تحت الذرية التي يلاحظها المتخصصون في المسارعات الكهرومغناطيسية، مثل: البوزون الذي يساهم في خلق الكتلة. فهذه الجسيمات هي لحظية وأحيانا تخيلية مفترضة لأنّها كما وجدنا هنا

تتكون فقط في الزمان دون المكان إن افترضنا البعد الناقص هو المكان، أو في المكان دون الزمان إن افترضنا البعد الناقص هو الزمان.

هذا المقدار التخيلي ($\frac{d^2m}{dt^2} = IB$) يمثّل القوتين: المغناطيسية والقوة الضعيفة التي يتكلم عنها فيزيائيو الجسيمات تحت الذرية. وهما معا يمثلان القوة الكهرومغناطيسية الضعيفة، هذه القوة تتحقق مكانيا بسيرها مسافة معينة فتصبح: $F = \lambda(IB)$.

المشتقة الثانية للكتلة $\frac{d^2m}{dt^2} = IB$ هي الهيكل المفترض للبوزون الذي ساهم في خلق الكتلة. هذا المقدار إن دار على محورين ينتج لنا الكتلة. وإن دار على محور واحد ينتج لنا المشتقة الأولى للكتلة، وإن تحرك مسافة في بعد واحد ينتج لنا القوة وإن تحرك مسافة في بعدين (مساحة) ينتج لنا الطاقة.

فكما أن بوزونات هيجز لا تتفاعل إلا مع الجسيمات ذات الكتلة ومن ثمّ تتحلل إلى جسيمات توصف بالمشتقة الأولى للكلتة (أي بمعدل تغيّر الكتلة في الزمن، وهذا يعني تحقق وجود الكتلة)، وهذا نستطيع رؤيته هنا من خلال ضرب المقدار التخيلي للمشتقة الثانية للكلتة $\frac{d^2m}{dt^2} = IB$ (تخيلي على أنّه يكافيء بوزون هيجز) مع كتلة متحققة ($m = qBt = IBt^2$):

$$m \times \frac{d^2m}{dt^2} = \left(IBt^2\right) \times IB$$

$$m \times \frac{d^2m}{dt^2} = I^2B^2t^2 = q^2B^2 = \left(\frac{dm}{dt}\right)^2$$

ونستطيع أن نتخيّل أنّ طبيعة تلك الكتلة المتكوّنة تعتمد في خصائصها على خصائص المجال المغناطيسي والشحنة المسببة فيه وفي التيار. موقع الشحنة بالنسبة لطول موجتها (أو بعبارة أخرى موقع الشحنة في حيّزها) سيحدد نوع الكتلة المتولدة ونوع شحنتها.

ولكن تبقى هذه العلاقة (المشتقة الثانية للكتلة) بدلالة التيار الكهربائي معتمدة على عنصر الزمن حتى وإن كان غير ظاهر فيها بصراحة. وذلك لأنّ التيار هو معدل تغيّر الشحنة في الزمن. لذلك من الأفضل أن نجد علاقة لا تعتمد على الزمن، وهذا نستطيع التنبؤ به عن طريق التعبير عن المشتقة الثانية بدلالة المجال الكهربائي وذلك اعتمادا على أن التيار الكهربائي يمكن التعبير عنه بدلالة المجال المغناطيسي والمجال المغناطيسي يمكن لنا التعبير عنه بدلالة المجال الكهربائي:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow I = \frac{2\pi r B}{\mu_0}$$

$$B = \frac{E}{c} \Rightarrow I = \frac{2\pi r E}{\mu_0 c}$$

$$\frac{d^2 m}{dt^2} = IB = \frac{2\pi r E^2}{\mu_0 c^2}$$

وإذا كان $1 = \mu_0 \varepsilon_0 c^2$، فإنّ: $\mu_0 c^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}$

ومن ذلك ينتهي بنا المطاف لمجال المشتقة الثانية للكتلة (مجال هيجز) على النحو الآتي:

$$\frac{d^2 m}{dt^2} = 2\pi r \varepsilon_0 E^2 \qquad \textbf{(124.1)}$$

هذه العلاقة تفسر وجود المجال دون الاعتماد على الزمن، هذا المجال موجود في الكون على اتساعه وهو محكوم فقط بمصدر المجال الكهربائي، وهو الشحنة. مجرد وجود الشحنة في الكون يوجد المجال دون الحاجة لحركة الشحنة أو لمرور الزمن عليها.

وقد تبين معنا أن قانون نيوتن للجاذبية يساوي: $F_{Newton} = 8\pi\varepsilon_0 r^2 E^2 \left(\frac{v}{c}\right)$.

ولكن ما نراه هنا من علاقة بين المشتقة الثانية للكتلة وقوة الجاذبية (التي تمثّل الجاذبية) هي أنّ المشتقة الزمنية الثانية للكتلة تساوي المشتقة المكانية الأولى للقوة:

$$\frac{d^2m}{dt^2} = \frac{\partial F}{\partial r} = \nabla F \qquad \textbf{(125.1)}$$

المتانة أصل الزخم

مررنا في الباب السابق على أصل الزخم. ولأن للزخم في الفيزياء أهمية قصوى منذ أن اقترح نيوتن قوانينه فلن نمرّ على أصل الزخم مرور الكرام. بل يجب أن يكون له باب خاص به لأهميته.

من المعروف أنّ القوة هي معدل تغير الزخم في الزمن. لكن ما الزخم؟

تقليديا عرف العلماء الزخم على أنّه حاصل ضرب الكتلة مع السرعة. وقد تم التعامل مع الكتلة على أنّها مقدار عددي ثابت غير قابل للاشتقاق. لكن هذا العمل بيّن أنّ الكتلة عرض قابل للاشتقاق.

فإذا ما تدبرنا هذا المقدار الفيزيائي الذي باشتقاقه نحصل على الزخم فإنّنا نكون قد قدمنا شيئا جديدا.

هذا المقدار الفيزيائي الذي تبيّن معنا أنّ اشتقاقه يعطينا الزخم هو حاصل ضرب الكتلة في المسافة، لكن هذا المقدار هو من عائلة العزم وهو جزء من علاقة حساب مركز الكتلة. لنبدأ رياضيا:

وجدنا أنّ: $\frac{d(m\lambda)}{dt} = m\frac{d(\lambda)}{dt} + \lambda\frac{d(m)}{dt}$ لكن $(m\lambda)$ هي جزء من علاقة حساب مركز الكتلة التي هي:

$$(\mathrm{C.O.M}) = \frac{\sum_i m_i\lambda_i}{\sum_i m_i}$$

$(\mathrm{C.O.M})$ اختصار لمصطلح مركز الكتلة (Center Of Mass) وهي المسافة التي تمثل احداثيات المعدل الحسابي لمحصلة الكتلة، أي أنّ:

$R = \frac{\sum_i m_i\lambda_i}{\sum_i m_i}$ حيث R هي الاحداثيات التي تمثل المسافة التي فيها مركز الكتلة

$$R = \frac{\sum_i m_i\lambda_i}{M}$$

$$RM = \sum_i m_i\lambda_i$$

الآن بأخذ المشتقة الزمنية الأولى للطرفين:

$$\frac{d}{dt}RM = \frac{d}{dt}\sum_i m_i\lambda_i$$

$$R(qB) + M(v) = \sum_i \lambda_i(q_iB_i) + \sum_i m_i(v_i)$$

ولنتذكر أنّ $R(qB) = RIBt = P$ ما هي الزخم الذي تدبرناه ابتداءا.

هذا يعني أنّ زخم المجموعة الكلي هو مجموع زخم الأجزاء المكونه له:

$$P_T = \sum_i P_i$$

إذن نخلص إلى أنّ الزخم هو مشتقة حاصل ضرب الكتلة في مركز تجمعها.

إذا كانت الكتلة في المسافة هي العزم على التسارع فإن الزخم هو مشتقة العزم على التسارع.

لكن من الأفضل أن نعطي هذا المقدار الفيزيائي المهم (حاصل ضرب الكتلة في المسافة) اسما فريدا خاصا به لأنّ له أهمية لا يشك فيها لأنّه أنتج لنا الزخم الذي له دور فيزيائي كبير في كل مجالات الفيزياء.

ربما أفضل اسم لهذا المقدار الفيزيائي هو 'المتانة Durability' بمعنى الصمود، لأن حاصل ضرب الكتلة في المسافة يمكن تحويله رياضيا ليصبح حاصل ضرب القوة في مربع الزمن. أي مقدار صمود القوة زمنيا في محورين للحركة، والمتانة أراها أفضل مصطلح يحمل هذا المعنى.

والمدقق للمقادير الفيزيائية المعلومة يجد أن 'المتانة' تدخل في تشكيل الكثير منها، ووحدة المتانة هي (كغم.متر $kg.\mathrm{m}$).

فإن عرّفنا المتانة على أنّها:

المتانة = الكتلة × المسافة

إذن مشتقة المتانة تساوي الزخم

وإن أعطينا رمزا للمتانة ' م' فإنّ:

حيث: $\text{م} = mr$

م : المتانة.

m : الكتلة.

r : المسافة

فإنّ: $\text{P} = \frac{d}{dt}\text{م}$

$$\text{P} = \frac{d}{dt}\text{م} = mv + rqB \qquad \textbf{(126.1)}$$

ها نحن قد تمكنا من الوصول إلى أحد المقادير الفيزيائية المجهولة، وهذا المقدار هو من المقادير خماسية الأبعاد.

المتانة= كغم × متر

$$\text{م} = kg.m$$

$$\text{م} = m^3 s^2$$

وإن تتبعنا فيزياء الكون كمتسلسة سببية فإننا نجد:

الشحنة ومجالها الكهربائي أوجدا الحيز الذي فيه تتحرك الشحنة.

الشحنة المتحركة أوجدت التيار

التيار أوجد المجال المغناطيسي

صمود الشحنة ومجالها المغناطيسي زمنيا يوجد الكتلة

الكتلة في المسافة أوجدت المتانة

المتانة أوجدت الزخم

الزخم أوجد القوة

القوة في المسافة أوجدت الطاقة (الشغل)

ثابت الجاذبية

من قانون نيوتن للجاذبية: $F = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ **ومن معادلتنا الجديدة:** $m = qBt$ **ومن قانون نيوتن الثاني** $F = ma$ **(لقد وجدنا أن قانون نيوتن الثاني هو** $F = ma + qvB$**، وهذا سيؤول بالقوة لأنّ تساوي** $F = 2ma$ **لكننا سنقتصر على استعمال** $F = ma$**) نستطيع ايجاد علاقة لثابت الجاذبية.**

لقد توصلنا من خلال سبر قانون نيوتن الثاني إلى أنّ $F = qvB$**، أي أنّ:**

$F = qvB = ma = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ **(باهمال الإشارة السالبة لأنها غير ضرورية لنا الآن، فهي تعتني بالاتجاه وليس بالمقدار)، إذن:**

$qvB = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ **دعنا نبسط الأمور على أنفسنا ونعتبر أننا نتعامل مع كتلتين متجانستين في كل الصفات:**

$qvB = G\frac{m^2}{r^2}$ باستخدام علاقتنا الجديدة $m = qBt$

$$qvB = G\frac{q^2B^2t^2}{r^2}$$

$$G = \frac{vr^2}{qBt^2}$$

الآن ما يجب علينا أن نراعيه هو التزام المعايير في التعامل مع المسافات والسرعات. فهناك مسافات تحت ذرية وهناك مسافات بصرية، كما أن هناك سرعات نسبية قريبة من سرعة الضوء وهناك سرعات عادية تعتبر بطيئة. فالسرعة v: هي سرعة مرور الشحنة في المجال المغناطيسي، وبما أنّ مسار الشحنة سيكون دائري فإنّ بإمكاننا أن نتعامل مع السرعة على أنها سرعة دائرية (ωr) حيث r: هي المسافة ما بين الشحنتين، تماما كما هي المسافة بين الكتلتين. إذن:

$$G = \frac{2\pi r^3}{qBt^3}$$

لنحاول الآن تقليل عدد المتغيرات. $q = It$ ، $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \Rightarrow I = \frac{2\pi r_0 B}{\mu_0}$ بينما نصف قطر الحيّز الذي تسيطر عليه الشحنة ستتعامل معه بدلالة طول الموجة حتى نزيل التشابه في الرموز ما بين الأبعاد البصرية والأبعاد الذرية ($r_0 = \frac{\lambda}{4}$) حيث r_0 نصف القطر للابعاد الذرية. ومن هذا نستطيع أن نفترض أنّ: $c = \frac{\lambda}{t}$ بينما: $v = \frac{2\pi r}{t}$

لذلك فإنّ علاقة التيار مع المجال المغناطيسي ستكون:

$$B = \frac{2\mu_0 I}{\pi\lambda} \Rightarrow I = \frac{\pi\lambda B}{2\mu_0}$$

$$G = \frac{2\pi r^3}{qBt^3} = \frac{2\pi r^3}{q\frac{2\mu_0 I}{\pi\lambda}t^3}$$

$$G = \frac{\pi^2\lambda r^3}{q^2\mu_0 t^2}$$

$$G = \frac{\pi^2\lambda r}{\mu_0\left(\frac{q^2}{r^2}\right)t^2}$$

$$G = \frac{\pi^2\lambda r\left(4\pi\varepsilon_0\right)}{\left(4\pi\varepsilon_0\right)\mu_0\left(\frac{q^2}{r^2}\right)t^2}$$

فإذا كان: $G = \frac{\pi\lambda r}{4\varepsilon_0\mu_0\left(k\frac{q^2}{r^2}\right)t^2}$ **وكان** $\varepsilon_0\mu_0 = \frac{1}{c^2}$ ، $c = \frac{\lambda}{t}$ ، $v = \frac{2\pi r}{t}$

$$G = \frac{vc^3}{8\left(k\frac{q^2}{r^2}\right)} \qquad \textbf{(127.1)}$$

نلاحظ من هذه العلاقة وجود الثابت: $\frac{1}{8}$**، وأن ما بين الأقواس في المقام هو قانون كولومب، كما يمكن لنا أن نستخلص أنّه إن كانت السرعة قريبة من سرعة الضوء فإنّ ثابت الجاذبية تحدده العلاقة:**

$$G = \frac{1}{8}\frac{c^4}{F_{Coulomb}} \qquad \textbf{(128.1)}$$

بينما إن كانت سرعة الجسمين غير نسبية فإنّ ثابت الجاذبية تحدده العلاقة:

$$G = \frac{1}{8}\frac{vc^3}{F_{Coulomb}} \qquad (129.1)$$

لكن المبدأ المستخلص من هذه العلاقة هو أنّه إن كانت سرعة الجسم صفر فإنه لن يكون هناك ثابت جاذبية، بل إن هذه العلاقة تبيّن لنا أن الجاذبية هي في الحقيقة قوّة غير مستقلة بذاتها، بل هذ صورة من صور القوى الكهرومغناطيسية والتي كلها تعتمد على الشحنة وحركتها. وها نحن هنا نكتشف مرة تلو المرة أن أصل الفيزياء هو الحركة، بل أصل وجود الكون هو الحركة.

وجود السرعة غير النسبية في ثابت الجاذبية الأرضية بمثابة التفسير الرياضي لفكرة آينشتاين في تماثل التسارع بالجاذبية.

القوة الكهربائية والمغناطيسية

قانون القوة الكهربائية المؤثر في شحنة هو حاصل ضرب الشحنة في شدة المجال الكهربائي، وهذه العلاقة هي أيضا ناتجة عن قانون كولومب لكن بصيغة المجال الكهربائي. وهي:

$$F = q\mathrm{E}$$

بتعويض محل الشحنة بدلالة الكتلة $mv = \lambda qB$ ، $q = \frac{mv}{\lambda B}$

$$F = \frac{mv}{\lambda \mathrm{B}}\mathrm{E}$$

وإذا كان $t = \frac{\lambda}{v}$ تصبح معادلة القوة الكهربائية المؤثرة على حيّز الشحنة:

$$F = \frac{m\mathrm{E}}{t\mathrm{B}} \qquad \textbf{(130.1)}$$

وإذا كان: $\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{B}} = c$ **، وكان** $\frac{1}{t} = f$ **تصبح معادلة القوة الكهربائية:** $F = mcf$

وإذا أعدنا التعبير عن الكتلة بدلالة الشحنة فإنّ القوة الكهربائية يمكن التعبير عنها بدلالة الشحنة والمجال المغناطيسي والتردّد فتعطينا معادلة القوة المغناطيسية:

$$F = q\mathrm{B}\lambda f \qquad \textbf{(131.1)}$$

ولكن $c = \lambda f$ **وهذا يجعل القوة الكهربائية مساوية للقوة المغناطيسية :**

$$F = q\mathrm{B}c \qquad \textbf{(132.1)}$$

لاحظ أننا ابتدانا بالتعبير عن القوة بدلالة المجال الكهربائي والشحنة وانتهينا بالتعبير عنها بدلالة المجال المغناطيسي والشحنة والسرعة. ابتدأنا بالقوة الكهربائية وانتهينا بالقوة المغناطيسية.

وأيضا من $F = \frac{m\mathrm{v}}{\lambda\mathrm{B}}\mathrm{E}$ **نحصل على** $F = ma$ **عندما يكون** $\mathrm{E} = c\mathrm{B}$ **و** $\frac{\lambda}{t} = c$ **و** $\frac{v}{t} = a$

$$F = \frac{\frac{m\mathrm{v}}{t}}{\frac{\lambda\mathrm{B}}{t}}\mathrm{E}$$

$$F = \frac{ma}{c\mathrm{B}}\mathrm{E}$$

$$F = ma$$

قوّة لورنتز

ما يعرف بقوة لورنتز هي القوة التي تجمع الشقين الكهربائي والمغناطيسي:

$$F = qE + qvB$$

بتعويض قيمة الشحنة تصبح قوّة لورنتز:

$$F = \frac{mvE}{\lambda B} + \frac{mv^2}{\lambda} \qquad \textbf{(1.133)}$$

وعندما $v = c$ **فإنّ** $\mathrm{B}v = E$ **:**

$$F = \frac{2mv^2}{\lambda} \qquad \textbf{(1.134)}$$

لاحظ أن هذه الصيغة شبيهة بصيغة قانون نيوتن الثاني عندما تكون $a = \frac{v^2}{\lambda}$ **.**

كما يمكننا سبر قوّة لورنتز كالآتي:

$$F = qE + qvB$$

$$F = \lambda IB + ItvB$$

$$F = \lambda IB + I(\mathrm{v}t)B$$

$$F = 2\lambda IB \qquad \textbf{(135.1)}$$

وللتعبير عن القوة بدلالة الكتلة أي بدلالة قانون نيوتن، فإنّ: $\frac{2mv}{t} = 2\lambda IB$

$$ma = \lambda IB \qquad \textbf{(136.1)}$$

وهكذا يتبين معنا أن قانون لورنتز هو ضعف قانون نيوتن الثاني أيضا كما تبين معنا عند دراسة قانون نيوتن الثاني، أي أن:

$$F = qE + qvB = 2ma \qquad \textbf{(137.1)}$$

وهذه العلاقة كنا قد توصلنا لها عند معالجة قانون نيوتن الثاني، وها هي تتأكد لنا من خلال قانون لورنتز!

فإنّ كانت التجارب العملية تؤكد أن قانون نيوتن الثاني سليم من خلال التجربة، فهذا يعني أنّ القوة هي نصف معدل تغيّر الزخم في الزمن.

$$F = \frac{1}{2}\frac{dP}{dt} \qquad (138.1)$$

من الجدير بالملاحظة هو ضعف المجال المغناطيسي مقارنة مع المجال الكهربائي. وهذا يعيدنا لتذكّر المقارنة بين قوّة الجاذبية مع القوة الكهربائية وكيف أن قوّة الجاذبية شيء مهمل مقارنة مع القوة الكهربائية. المعادلات توحي بنفس النوع من المقارنة فيما بين المجالين المغناطيسي والكهربائي. تأثير المجال المغناطيسي يكاد يكون مهملا مقارنة بالمجال الكهربائي، المجال المغناطيسي مضروبا في السرعة يكافيء المجال الكهربائي. ولذلك فإنه لا يوجد قوّة مغناطيسية على الشحنات الساكنة في ذلك المجال؛ بالطبع يوجدهناك استثناءات بخصوص المواد الفيرومغناطيسية مثل الحديد والذي يتأثّر بالقوة المغناطيسية حتى في حالة السكون.

السرعة بدلالة الشحنة والتيار

كما أننا نستطيع من خلال قانون لورنتز أن نصل إلى صيغة للسرعة بدلالة الشحنة والتيار وطول الموجة. فقانون لورنتز الخاص بالقوة الناتجة عن المجال المغناطيسي هو: $F = qvB$ وصيغتنا للعزم هي: $p = \lambda IBt$ ونعلم أن القوة هي التغيّر في الزخم بالنسبة للزمن، إذن القوة هي: $F = \lambda IB$ ، بمساواة الطرفين نحصل على:

$$\mathrm{v} = \frac{\lambda I}{q} \qquad (139.1)$$

أو بدلالة طول الموجة والزمن:

$$v = \frac{\lambda}{t} \qquad (140.1)$$

وبمساواة $F = \lambda IB$ **مع القوة الكهربائية** $F = qE$ **نحصل على**

$qE = \lambda IB$ **وبما أن** $I = \frac{q}{t}$ **نحصل على**

$B = \frac{E}{\lambda}t$ **ومنها**

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{E}{\lambda} \qquad (141.1)$$

ولكن من معادلة ماكسويل: $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$

إذن: $\nabla \times E = -\frac{E}{\lambda}$

ثابت الزنبرك وشغله

من المعلوم أن القوة المؤثرة في الزنبرك علاقتها: $F = -Kx$ **بحيث قيمة (** x **) تكون موجبة في حال السحب وتكون سالبة في حال الضغط.**

$$ma = -kx$$

$$qBt(\frac{v}{t}) = -kx$$

$$k = -\frac{qBv}{x}$$

$$k = -\frac{qB}{t}$$

$$k = -\frac{1}{t}\frac{dm}{dt}$$

أو $k = -IB$

أما بالنسبة للشغل:

$$W = Fx = -Kx^2$$

$$W = -max$$

$$W = -qBt\left(\frac{v}{t}\right)x$$

$$W = -\frac{qBx^2}{t}$$

$$W = -IBx^2$$

فرق الجهد الكهربائي:

يعرّف فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين على أنّه شدّة المجال الكهربائي المحيط بالنقطتين مضروبا في المسافة بين نقطتين: $V = Ed$ **(d: المسافة، E: المجال الكهربائي، V: فرق الجهد)**

في حال السرعات العالية فإنّ: $\mathrm{B}c = E$ **(v: السرعة) فإنّ فرق الجهد يعطى بالعلاقة:**

$$V = \mathrm{B}cd \qquad \textbf{(142.1)}$$

وإذا كان: $\frac{mc}{\lambda q} = B$ **فإنّ فرق الجهد يصبح**

$$V = \frac{mc^2 d}{\lambda q} \qquad (143.1)$$

كما أنّ فرق الجهد له علاقة بالتيار والمقاومة الكهربائية $V = IR$**، فإذا عوضنا بدل التيار من الصيغة الأصلية** $mc = \lambda IBt \Leftarrow I = \frac{mc}{\lambda \mathrm{B}t}$ **فإنّنا سنحصل على:**

$$V = \frac{mc^2 d}{\lambda q} = \frac{mcR}{\lambda \mathrm{B}t}$$

وبملاحظة أنّ السرعة في الزمن هي المسافة، والمسافة في المسافة هي المساحة (A) من ذلك نحصل على:

$$V = \mathrm{B}cd = \frac{mcR}{\lambda \mathrm{B}t} \text{،}$$

$$\frac{mc}{\lambda q} = B$$

$$\left(\frac{mc}{\lambda q}\right) cd = \frac{mcR}{\lambda \mathrm{B}t} \Leftarrow$$

$$\frac{ctd}{q} = \frac{R}{B}$$

$$\frac{q}{\lambda d} = \frac{B}{R}$$

$$\frac{q}{A} = \frac{\mathrm{B}}{R} \qquad (144.1)$$

وهذه علاقة تربط الشحنة مع المساحة مع المجال المغناطيسي مع الممانعة الكهربائية، مفادها أنّ الشحنة في الممانعة تساوي المجال المغناطيسي في المساحة. أو أن الممانعة تساوي حاصل ضرب المجال المغناطيسي في المساحة مقسوما على الشحنة.

$$R = \frac{\mathrm{B}A}{q}\Omega \qquad (145.1)$$

لاحظ أن هذه العلاقة تقول بأنّ علاقة الممانعة الكهربائية هي علاقة طردية مع المجال المغناطيسي والمساحة، وعكسية مع مقدار الشحنة الكهربائية. وإذا اعتبرنا كثافة الشحنة للسطح ($\rho = \frac{q}{A}$) فإنّ العلاقة تصبح علاقة طردية مع المجال المغناطيسي وعكسية مع كثافة الشحنة للسطح:

$$R = \frac{\mathrm{B}}{\rho}\Omega \qquad (146.1)$$

وبقليل من التحويلات نستطيع أيضا الوصول إلى العلاقة:

$$R = \frac{\mathrm{E}d}{I}\Omega \qquad (1.147)$$

حيث E: المجال الكهربائي، d: المسافة بين النقطتين حيث تقاس الممانعة بينهما، I: التيار الكهربائي

كما أنّنا نستطيع أن نستخلص من هذه العلاقات العلاقة الآتية فيما بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي:

$$Etd = BA \qquad (1.148)$$

أي أنّ المجال المغناطيسي مضروبا في مساحة السطح يساوي فرق الجهد في الزمن:

$$Vt = BA \quad \textbf{(1.149)}$$

$$B = \frac{1}{A}\int Vdt = \frac{d}{A}\int Edt \quad \textbf{(1.150)}$$

كما يمكننا من $Vt = BA$ **التعبير عن التغيّر في المجال المغناطيسي في الزمن بدلالة فرق الجهد:**

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{V}{A} \quad \textbf{(151.1)}$$

كما أننا نستطيع تعديل العلاقة $V = \frac{mc^2 d}{\lambda q}$ **ليكون فرق الجهد الكهربائي بدلالة قانون نيوتن الثاني (للسرعات العادية** $V = \frac{mv^2 d}{\lambda q}$**):**

$$V = \frac{mad}{q} \quad \textbf{(152.1)}$$

هذا معناه أنّنا إن حركنا حيزا فيه شحنة q **بقوة** ma **لمسافة** d **فإنّنا سنتتج فرق جهد مقداره** $\frac{mad}{q}$ **فإنّ زدنا القوة زاد فرق الجهد ولكن أيضا إن قللنا الشحنة زاد فرق الجهد!**

فلو عدنا ادراجنا في هذه العلاقة $V = \frac{mad}{q}$ **إلى الصيغة الأولى بدلالة المجال الكهربائي:** $V = Ed$ **فإنّنا سنحصل على:** $qE = ma$ **أي أنّ قوّة نيوتن تساوي القوة الكهربائية.**

الطاقة

طاقة الحركة

معادلة طاقة الحركة هي:

$$m = \left(\frac{\lambda}{v}\right) qB \quad \text{بتعويض قيمة الكتلة} \quad K.E. = \frac{1}{2} mv^2$$

$$K.E. = \frac{1}{2} \lambda qBv \qquad \textbf{(153.1)}$$

وبما أن القوة المغناطيسية تساوي: $F = qvB$ **إذن:**

$$K.E. = \frac{1}{2} \lambda F \qquad \textbf{(154.1)}$$

وإذا اعتبرنا الطاقة الحركية لجسم يدور في دائرة بسرعة دائرية فإنّ السرعة الدائرية عندها تكون: ωr**، حيث** r**: نصف القطر و** $\omega = 2\pi f$**، و** f **: هي التردّد أو الزمن اللازم لقطع محيط الدائرة. وعندها تكون طاقة الحركة هي:**

$$K.E. = \frac{1}{2} m\omega^2 r^2$$

$$K.E. = \frac{1}{2} qBt(\frac{4\pi^2}{t^2}) r^2$$

$$K.E. = 2\pi^2 qB(\frac{r}{t}) r$$

لاحظ أن $2\pi r$ **يمثّل محيط الدئرة ونستطيع ان نستعيض عنه بمجرد المسافة** λ

$$K.E. = \pi\lambda qvB$$

وهذا بنفس شكل العلاقة التي حصلنا عليها سابقا

طاقة الوضع

معادلة طاقة الوضع هي:

$m = \left(\frac{\lambda}{v}\right) qB$ **بتعويض قيمة الكتلة** $\mathrm{P}.E. = mgh$

$$\mathrm{P}.E. = \frac{\lambda qBgh}{v} \qquad \textbf{(155.1)}$$

وإذا كان التسارع هو السرعة على الزمن ($g = \frac{v}{t}$ **)، ثمّ كانت السرعة هي المسافة على الزمن (** $v = \frac{h}{t}$ **) فإنّ العلاقة السابقة تصبح:**

$$\mathrm{P}.E. = \lambda qBv \qquad \textbf{(156.1)}$$

وبما أن القوة المغناطيسية تساوي: $F = qvB$ **إذن:**

$$\mathrm{P}.E. = \lambda F$$

هذا يعني أنّ الطاقة الكلية الناتجة عن الحركة والوضع تساوي

$$E = PE + KE = \frac{3}{2}\lambda qBv = \frac{3}{2}\lambda F \qquad \textbf{(1.157)}$$

لاحظ أننا نستطيع أن نصل إلى صيغة معادلة آينشتاين بالتعويض بدل الشحنة ($\frac{mc}{\lambda \mathrm{B}} = q$ **) وذلك عندما تكون السرعة مساوية لسرعة الضوء:**

$$E = PE + KE = \frac{3}{2}\lambda\left(\frac{mc}{\lambda \mathrm{B}}\right)Bv$$

$$E = PE + KE = \frac{3mc^2}{2} \qquad \textbf{(158.1)}$$

أما إن ابتدانا من معادلة آينشتاين للطاقة:

$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$ **وعوضنا بدل الكتلة والزخم من العلاقة الجديدة:** $mc = \lambda qB$

$$E^2 = \frac{\lambda^2 q^2 B^2}{c^2} c^4 + \lambda^2 q^2 B^2 c^2$$

$$E^2 = 2\lambda^2 q^2 B^2 c^2$$

$$E = \sqrt{2}\lambda q B c \qquad \textbf{(159.1)}$$

وبدلالة المجال الكهربائي:

$$E = \sqrt{2}\lambda q E \qquad \textbf{(160.1)}$$

طاقة الشغل

الشغل هو القوة في المسافة المقطوعة (r)

$$W = Fr$$

الشغل الناتج عن قوّة كهربائية ($F = q\mathrm{E}$).

وبتعويض قيمة الشحنة بدلالة الكتلة نحصل على $W = qEr$

$$W = \frac{mvEr}{\lambda B} \qquad \textbf{(161.1)}$$

وعندما تكون $c = \frac{E}{B}$**، وكذلك** $c = v$ **تصبع العلاقة السابقة الآتي:**

$$W = \frac{r}{\lambda} mc^2 \qquad \textbf{(162.1)}$$

الشغل الناتج عن القوة المغناطيسية ($F = q\mathrm{B}c$) لقطع مسافة (r)

تشابه هذه العلاقات مع معادلة آينشتاين للطاقة تفيد بأنّ العلاقة بين المسافة (r) وطول الموجة هي علاقة إما تساوي وإما شبه تساوي. فإذا كان $\lambda = r$ فإنّ الشغل يصبح:

$$W = mc^2$$

الشغل الكهربائي:

معادلة الشغل الكهربائي هي:

$P = I^2 R$ ، وبتعويض عن قيمة التيار من : $I = \frac{mv}{\lambda \mathrm{B}t} \Leftarrow mv = \lambda IBt$ ينتج عندنا:

$$P = \left(\frac{mv}{\lambda \mathrm{B}t}\right)^2 R \qquad \textbf{(1.163)}$$

بالطبع نستطيع تبسيط هذه العلاقة إلى عدة صيغ، منها: $P = \frac{m^2 f^4}{\mathrm{B}^2} R$ ، $P = \frac{m^2 f^2}{\mathrm{B}^2 t^2} R$

معادلة آينشتاين للطاقة

تعبر معادلة آينشتاين عن الطاقة كالآتي: $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$ ، باستخدام علاقتنا $m = \frac{\lambda q \mathrm{B}}{c}$ مكان الكتلة و $p = \lambda q \mathrm{B}$ مكان الزخم نحصل على:

$$E^2 = \left(\frac{\lambda q \mathrm{B}}{c}\right)^2 c^4 + \left(\lambda q \mathrm{B}\right)^2 c^2$$

$$E = \sqrt{2}\lambda q \mathrm{B}c = \sqrt{2}\lambda qE = \sqrt{2}\lambda F = \sqrt{2}\lambda ma = \sqrt{2}mc^2 \qquad \textbf{(164.1)}$$

لاحظ أن الصيغ المعبرة عن الطاقة تشمل صيغ قوانين الفيزياء النيوتونية والآينشتانية والكمومية

ثابت بلانك

يرتبط ثابت بلانك بالعزم بالعلاقة الآتية: $\lambda p = h$ **أي:** $\lambda = \frac{h}{(mc)}$ **وعلاقة الزخم الجديدة هي:** $mc = \lambda q\mathrm{B}$ **بتعويض قيمة طول الموجة في معادلة الزخم نجد أن:**

$mc = \frac{hq\mathrm{B}}{mc}$ **ومنها نجد أن ثابت بلانك هو:**

$$\frac{m^2c^2}{qB} = h \qquad \textbf{(165.1)}$$

أو:

$$h = \frac{p^2}{qB} \qquad \textbf{(166.1)}$$

أو: $h = \frac{cp^2}{qE}$

$$h = \frac{cp^2}{F} \qquad \textbf{(167.1)}$$

وبتعويض القوة بدلالة قانون نيوتن الثاني: $F = ma$ **نحصل على:**

$$h = \frac{mc^3}{a} \qquad \textbf{(168.1)}$$

$$h = \frac{pc^2}{a} \qquad \textbf{(169.1)}$$

لاحظ أن: $h = \frac{cp^2}{F}$ **وأن:** $h = \frac{pc^2}{a}$ **ومنها نحصل على:**

$$\frac{p}{F} = \frac{c}{a} \qquad \textbf{(170.1)}$$

أو بصيغة عامة:

$$pa = Fv \qquad \textbf{(171.1)}$$

وإن أخذنا مشتقة الطرفين نجد أن:

$$p\frac{da}{dt} = v\frac{dF}{dt}$$

كما أننا نستطيع استكشاف قيمة ثابت بلانك من العلاقة: $E = hf$ **، وقد بينا أن الطاقة معادلتها هي:** $E = PE + KE = \frac{3}{2}\lambda qBv$ **لذلك يصبح لدينا أنّ:**

$fh = \frac{3}{2}\lambda qBc$ **على اعتبار أن السرعة هي سرعة الضوء**

لكن التردّد له علاقة بطول الموجة والسرعة كالآتي: $c = \lambda f$ **إذن تصبح العلاقة:**

$$h = \frac{3}{2}\lambda^2 qB \qquad \textbf{(172.1)}$$

ونستطيع التعبير عن ثابت بلانك بدلالة الكتلة: إذا كان: $c = \frac{\lambda}{t}$ **،** $m = qBt$

$$h = \frac{3}{2}\lambda^2 qB\left(\frac{t}{t}\right)$$

$$h = \frac{3}{2}\lambda mc \qquad \textbf{(173.1)}$$

كما أن ثابت بلانك يرتبط بالزخم عن طريق العلاقة: $P = \frac{hf}{c}$ **وبتعويض قيمة الزخم من معادلتنا الجديدة:** $P = \lambda IBt$ **يصبح لدينا:**

$$hf = \lambda IcBt$$

$$h = \frac{\lambda qE}{f}$$

(174.1) $$h = \lambda qEt$$

$$h = \lambda Ft$$

$$h = \lambda P$$

$$h = \lambda^2 IBt$$

$h = Wt$ **حيث** W **: الشغل**

ومن هذه العلاقة نرى أن الشغل هو معدل تغيّر ثابت بلانك في الزمن:

(175.1) $$\frac{\partial h}{\partial t} = \lambda qE = \lambda F = W$$

كما أنّنا نستطيع أن نسير قدما في سبر العلاقة السابقة ($h = \frac{3}{2}\lambda^2 qB$ **) رياضيا لنتخلص من متغيرين (طول الموجة والمجال المغناطيسي)، حيث أنّ:** $B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$ **، وأن:** $\lambda = 4r$ **، و**

$$c = \frac{\lambda}{t}$$

$$h = \frac{3}{2}\lambda^2 q\left(\frac{\mu_o I}{2\pi\frac{\lambda}{4}}\right)$$

(176.1) $$h = \frac{3}{\pi}\mu_o c q^2$$

فإنّ كان ثابت بلانك معلوم القيمة: $h = 6.626\times10^{-34}\,\frac{kg.m^2}{s}$، وسرعة الضوء معلومة القيمة: $3\times10^{8}\,\frac{m}{s}$، وثابت النفاذية: $\mu_o = 4\pi\times10^{-7}\,\frac{kg.m}{A^2s^2}$، فإنّ باستطاعتنا حساب شحنة بلانك:

$$6.626\times10^{-34}\,\frac{kg.m^2}{s} = \frac{3}{\pi}\times4\pi\times10^{-7}\,\frac{kg.m}{A^2s^2}\times3\times10^{8}\,\frac{m}{s}\times q^2$$

ومنها: $q^2 = \frac{6.626\times10^{-34}}{360}A^2s^2$

$$q_{planck} = 1{,}36\times10^{-18}As \qquad \textbf{(177.1)}$$

وهذه الشحنة أكثر من 8 أضعاف شحنة الالكترون، مما يعني أن:

إما أن ثابت بلانك لا يمثّل أصغر مقدار من الطاقة (quantum of action)

أو أن الالكترون وحده غير قادر على إصدار طاقة ضوئية بمفرده دون تهييج

أو أنّنا نفترض أن أصغر مقدار للشحنة هو شحنة الالكترون وهي تلقائيا يجب أن تساوي الشحنة المنتجة لثابت بلانك. إذا أخذنا هذا المعيار كأساس للحساب فإنّ باستطاعتنا عندها أن نجد العلاقة فيما بين طول الموجة ونصف القطر، كالآتي:

$h = \frac{3N}{4\pi}\mu_o c q^2$ حيث N : هي ثابت العلاقة بين طول الموجة ونصف القطر

$$6.626\times10^{-34}\,\frac{kg.m^2}{s} = \frac{3N}{4\pi}\times4\pi\times10^{-7}\,\frac{kg.m}{A^2s^2}\times3\times10^{8}\,\frac{m}{s}\times\left(1.602\times10^{-19}\right)^2$$

ومنها $N = 286.87$ أي أن:

$\lambda = 286.87r$ حتى تكون شحنة الالكترون مساوية للشحنة التي تنتج ثابت بلانك

علاقة ثابت بلانك بالزخ والمتانة

حتى تنسجم العلاقة التي تجمع ثابت بلانك بالزخم ($\lambda p = h$) مع علاقة الزخم الجديدة $p = \lambda IBt$ وفكرة انتاج الضوء (كمومية الطاقة للضوء واستمرارية مقادير الطاقة للحرارة) كما تم تفسيره في مكانه في هذا البحث. فإن طول الموجة λ في العلاقة $\lambda p = h$ يعني أن الضوء لا يمكن أن يظهر إلا عندما يكون مقدار الانتفاخ الناتج عن التهييج في حيز الالكترون مساو لطول موجة الضوء، فإن قل نصف قطر الانتفاخ (بتصور الانتفاخ على أنّه نصف كرة) عن طول الموجة فإن الزخم ينتج لنا حرارة. وإن ساوى نصف قطر الانتفاخ طول موجة لأي من طيف الضوء يظهر ذلك الضوء وإن زاد عن طول موجة ذلك الضوء بينما لم يصل إلى طول موجة الضوء الذي يليه فإن الناتج يكون ذلك الضوء زائد حرارة، وهلم جرا مع بقية ألوان طيف الضوء لكل مادة بحسب خصائصها. أما إن زاد زخم التهييج عن طول موجة آخر لون من ألوان الطيف فإن المادة تنصهر.

ومن علاقة ثابت بلانك بالزخم نستطيع الوصل إلى علاقة ثابت بلانك بالمتانة:

$$h = \lambda^2 IBt$$

$$h = \lambda^2 \frac{q}{t} Bt$$

$$h = \lambda \frac{\lambda}{t} qBt$$

$$h = c\left(\lambda qBt\right)$$

$$h = c\left(\lambda m\right)$$

$h = c$م

ثابت بلانك يساوي حاصل ضرب المتانة في سرعة الضوء.

ومن هنا نستطيع اثبات أن: $E = mc^2$ **ابتداءا من:**

$$E = \hbar\omega$$

$$E = \frac{h}{2\pi} 2\pi f$$

$$E = \frac{c\text{م}}{t}$$

$$E = \frac{cm\lambda}{t}$$

$$E = mc^2$$

المجال المغناطيسي:

ربما لا يكون هناك الكثير من ما يمكن توقعه من التعبير عن المجال المغناطيسي بدلالات الصيغة الجديدة، لكن لأنّ المجال المغناطيسي والتيار الكهربائي كلاهما ضمن المعادلتين، ربما يكون هناك مفتاح جديد يمكن ان يستكشفه البعض في النظر في تكافؤ العلاقتين.

بمساواة الطرفين نحصل على علاقة للعزم جديدة: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ، $\frac{mv}{\lambda q} = \text{B}$

$$p = mv = \frac{\mu_0 \lambda}{2\pi r} Iq \qquad \textbf{(178.1)}$$

وبمزيد من التعويض عن التيار بدلالة الشحنة. وإذا كان $v=\frac{\lambda}{t}$ نحصل على:

$$\frac{m}{r}=\frac{\mu_0 q^2}{2\pi r^2}\Rightarrow\frac{m}{r}=\frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 c^2 r^2}$$

الآن أصبح واضحا لنا أن العلاقة يمكن التعبير عنها بدلالة قانون كولومب: $F=k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ لكن الكتلة يمكن أن نعبر عنها كالآتي:

$$m=\frac{\mu_0 q^2}{2\pi r} \qquad (179.1)$$

لكن لننظر للعلاقة الجديدة من وجهة نظر ماكسويل، ماذا نرى؟ نرى أنّ $\frac{1}{c^2}=\mu_0\varepsilon_0$، إذن:

$$\mu_0=\frac{1}{\varepsilon_0 c^2}$$
$$\frac{mc^2}{2r}=\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (180.1)$$

حيث F_c قوّة كولومب، k: ثابت كولومب: $k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$$\frac{mc^2}{2}=rF_c \qquad (181.1)$$

وهذه تأخذنا من كولومب لماكسويل ثمّ لآينشتاين، كما أننا نستطيع من خلال هذه العلاقة العودة لقانون نيوتن الثاني:

$$mv^2=2rF_c\Rightarrow\frac{mv}{t}=\frac{2r}{vt}F_c\Rightarrow ma=2F_c$$

هكذا رأينا كيف أنّ معادلتنا أبحرت بنا بسلاسة من المجال المغناطيسي الى قوّة كولومب الى طاقة آينشتاين بالتزامن مع شغل كولومب ثمّ إلى قانون نيوتن الثاني.

كما أننا من خلال العلاقتين: $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ، $\frac{mv}{\lambda q}=\mathrm{B}$ نستطيع التعبير عن الكلتة بدلالة الشحنة:

$$\frac{mv}{\lambda q}=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$\left(2\pi rmv=\mu_0 I\lambda q\right)\div v$$

$$2\pi rm=\mu_0 Itq$$

$$2\pi rm=\mu_0 q^2$$

$$m=\frac{\mu_0 q^2}{2\pi r} \qquad (182.1)$$

معادلات ماكسويل

منبع التدفق في المجال الكهربائي:

1- قانون جاوس: $\nabla.E=\frac{\rho_q}{\varepsilon_o}$

مع العلم بأنّ حجم الحيّز: $\frac{1}{24}\pi\lambda^3$

وبتعوض كثافة الشحنة من المعادلة ($\rho_q=\frac{24I}{\pi\lambda^2 c}$) يصبح قانون جاوس: $\nabla.E=\frac{24I}{\pi\varepsilon_o\lambda^2 c}$، وبمعرفة أن: $\lambda=ct$ وأن $\mu_o\varepsilon_o=\frac{1}{c^2}$، يصبح قانون جاوس:

$\nabla.E = \frac{24\mu_o I}{\pi\lambda t}$، وبتعويض قيمة المجال المغناطيسي بدلالة التيار: $B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$، يصبح قانون جاوس: $\nabla.E = \frac{48Br}{\lambda t}$ وإذا كان: $E = cB$ عندها يصبح قانون جاوس: $\nabla.E = \frac{48Er}{\lambda^2}$ وباستخلاص حجم الحيّز من هذه المعادلة يصبح قانون جاوس:

$$\nabla.E = \frac{2\pi\lambda Er}{\frac{\pi\lambda^3}{24}} = \frac{2\pi r\lambda E}{V} = 2\pi r\lambda\rho_E$$

وإذا كان $\lambda = 4r$ (تخيّل اننا نتعامل مع نفق بين الذرّات بحجم طاقة الالكترون فقط)، فإنّ $2\pi r\lambda = 8\pi r^2 = \frac{A}{4}$ أي المساحة، عندها يصبح منبع التدفق:

$$\nabla.E = \frac{A}{4}\rho_E \qquad \textbf{(183.1)}$$

كما أننا نستطيع من خلال $\nabla.E = \frac{48Br}{\lambda t}$ التدليل على منبع التدفق الكهربائي بدلالة الشغل من خلال تعويض قيمة المجال المغناطيسي بدلالة الزخم:

$$\mathrm{B} = \frac{mv}{\lambda It} \Leftarrow mv = \lambda IBt$$

$\nabla.E = \frac{48r}{\lambda t}\frac{mv}{\lambda It}$ وبملاحظة أن السرعة على الزمن هي التسارع وأن الكتلة في التسارع هي القوة وأن القوة في المسافة هي الشغل وان الشحنة هي التيار في الزمن، بذلك نحصل على:

$$\nabla.E = \frac{48W}{\lambda^2 q} \qquad \textbf{(184.1)}$$

وإذا كان $\lambda = 4r$

$$\nabla.E = \frac{3W}{r^2 q} \qquad \textbf{(185.1)}$$

أما إذا ما اعتمدنا قيمة الشحنة من صيغة الزخم $mc = \lambda qB \Rightarrow q = \frac{mc}{\lambda B}$ **فإنّ**

$\nabla.E = \frac{\rho_q}{\varepsilon_o}$ **تصبح** $\nabla.E = \frac{1}{\varepsilon_o} \times \frac{q}{V}$

$$\nabla.E = \frac{1}{\varepsilon_o} \times \frac{mc}{\lambda BV}$$

ومن هذه العلاقة نستطيع التعبير عن منبع التدفق في المجال الكهربائي بعدة صيغ، منها:

بدلالة كثافة المادّة: $\nabla.E = \frac{1}{\varepsilon_o} \times \frac{mc}{\lambda BV} \Rightarrow \nabla.E = \frac{1}{\varepsilon_o} \times \frac{\rho}{Bt} \Rightarrow \nabla.E = \frac{\rho}{\varepsilon_o Bt}$

أو بدلالة كثافة الطاقة: $\nabla.E = \frac{1}{\varepsilon_o} \times \frac{mc^2}{\lambda EV} \Rightarrow \nabla.E = \frac{1}{\varepsilon_o} \times \frac{U}{\lambda EV} \Rightarrow \nabla.E = \frac{\rho_U}{\varepsilon_o \lambda E}$

$$\nabla.E = \frac{\rho_U}{\varepsilon_o \lambda E} \qquad \textbf{(186.1)}$$

كما أننا نستطيع الحصول على معادلة ماكسويل للتدفق منبع المجال الكهربائي عن طريق قانون كولومب مباشرة

$$qE = k\frac{q^2}{r^2}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o r^2}$$

الآن نعمل على جعل الشق اليمين من المعادلة على شكل شحنة على حجم (كثافة الشحنة بالنسبة للحجم)

$$E = \frac{qr}{\varepsilon_o (3)\frac{4\pi r^3}{3}}$$

$$E = \frac{qr}{3\varepsilon_o V}$$

$\frac{E}{r} = \frac{1}{3\varepsilon_o}\rho_q$ وإذا أمعنّا التفكّر في هذه المعادلة نجد أنّها تنطبق على تعريف تدفق المنبع المعمول به رياضيا للمجال الكهربائي مع اختلاف بسيط في معامل مقداره $\frac{1}{3}$.

وهو:

$$\nabla.E = \lim_{\vec{V}^0} \frac{1}{V}\int_S E.da$$

أي أن

$$\nabla.E \approx \frac{E}{r} = \frac{1}{3\varepsilon_o}\rho_q$$

اللّنّ الكهربائي:

المعادلة الثانية لماكسويل في بحثنا هي المعادلة التي تربط بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي كالآتي $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ ،

التدقيق في الوحدات الفيزيائية في هذه العلاقة يبيّن لنا أن وحدة المجال الكهربائي هي: $\frac{kg.m}{A.s^3}$ بينما وحدة $\frac{\partial B}{\partial t}$ هي $\frac{kg}{A.s^3}$. لكن إن عدنا لوصف هذه العلاقة بصيغة التكامل لفراداي: $\oint_C E.dl = -\frac{d}{dt}\int_s B.da$ فإنّ الوحدات هنا تتكافأ: $\frac{kg.m^2}{A.s^3} = \frac{kg.m^2}{A.s^3}$ وهذه هي وحدة فرق الجهد الكهربائي (فولت). وصيغة التكامل هذه معناه أن مقدار المجال الكهربائي المتواجد على محيط مساحة معينة (محصلة ضرب المجال الكهربائي في المحيط) يساوي مقدار معدل تغيّر المجال المغناطيسي الخارج من تلك المساحة (محصلة ضرب المجال المغناطيسي في المساحة) في الزمن. ومقدار المجال المغناطيسي الخارج من المساحة هو منبع التدفق المغناطيسي. أي أنّ محصلة ضرب المجال الكهربائي في المحيط تساوي معدل التغيّر في منبع التدفق المغناطيسي في الزمن.

وهنا يتضح لنا البعد الوحداتي الفيزيائي في العلاقة بين $\nabla \times E$ من جهة و E من جهة أخرى. فـ E تمثّل المجال الكهربائي، و $\nabla \times$ عند دخولها على مجال ما فإنّ النتيجة تكون مجالا ذا مواصفات ووحدات فيزيائية غير تلك التي تخص المجال الذي دخلت عليه. فمعامل اللّيّ ($\nabla \times$) ليس عديم التأثير في وحدة ما يعمل عليه، بل هو مثل المشتقة التقليدية تغيّر من المقدار الفيزيائي قيمة واتجاها. فمثلا مشتقة المسافة بالنسبة للزمن لا تعطينا منتجا فيزيائيا بوحدة المسافة، بل تعطينا سرعة. ووحدة السرعة غير وحدة المسافة. وهكذا عامل اللّيّ $\nabla \times$ يعطينا مجالا متجها غير مواصفات المجال الذي عملت عليه.

وإن أخذنا معادلة ماكسويل على أنها هي المرجع الصواب، فإنه بإمكاننا تحديد وحدة معامل اللّيّ $\nabla \times$، فإنّ كانت X تمثّل وحدة اللّيّ $\nabla \times$ فإنّ:

$$XE = \frac{B}{t}$$

$$X\left(\frac{kg.m}{A.s^3}\right)=\left(\frac{kg}{A.s^2}\right)\frac{1}{s}$$

ومنها X هي: $X=\frac{1}{m}$ أي أنّ اللّيّ $\nabla\times$ يعني التغيّر في المكان، ومفهومه نظير مفهوم التغيّر في الزمان للمسافة يعطينا السرعة، والتغير في الزمان للسرعة يعطينا التسارع؛ وهنا التغيّر في المكان للمجال الكهربائي يعطينا التغيّر في المجال المغناطيسي في الزمان. مع مراعاة أن طريقة حساب التغيّر في المكان لا تشابه طريقة حساب التغيّر في الزمان. فالتغير في الزمان هو إيجاد المشتقة المعلومة في الرياضيات تقليديا، بينما التغيّر في المكان للمجالات يحسب عن طريق تحديد محددة المصفوفة التي عناصرها تراتيب متجهات الوحدة وعاملات المشتقات التقليدية ومتجهات المجال المراد حساب تغيره في المكان، والنتيجة تكون متجهة.

لكن مراجع الفيزياء تتعامل مع تكامل التغيّر في المكان بنفس مفهوم التكامل في التغيّر في الزمان. فمثلا تكامل السرعة بالنسبة لمتغير الزمن يعطينا المسافة. وتكامل ليّ المجال المغناطيسي يعطينا المجال المغناطيسي، وهذا بالرموز يعبر عنه كالآتي:

$\int\nabla\times B=\int B.ds=B(area)$ بحيث أن ds هي التغيّر الصغير (المقارب للصفر) في المسار المغلق الذي يحيط بالمساحة التي يتدفق فيها المجال المغناطيسي تحت الدراسة، وتكاملها بالنسبة لمتغير المسافة سيساوي مساحة تلك المساحة.

لاحظ أننا خلال بحثنا في قانون نيوتن الثاني توصلنا لعلاقة سليمة تربط المجالين وهي: $\frac{\partial B}{\partial t}=\frac{1}{\lambda}E$، أي أن: $\frac{B}{t}=\frac{E}{\lambda}$

وهنا خلال بحثنا في وحدات معادلة ماكسويل للّيّ الكهربائي تبيّن لنا أنّ معدل التغيّر المكاني في المجال الكهربائي يساوي معدل التغيّر الزماني في المجال المغناطيسي:

$$\frac{kg.m}{A.s^3}\times\frac{1}{m}=\frac{kg}{A.s^2}\times\frac{1}{s}$$

والمتصور لطبيعة خطوط المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتمثّل له الآتي:

1- أن المجالين متعامدان وأن المجال الكهربائي يعني أنّ هناك شحنات كهربائية – بالرغم من أن هذه العلاقة تخفي دور الشحنات الكهربائية فيها – وأن هذه الشحنات الكهربائية متحركة تولد تيارا كهربائيا، وهذا التيار هو المولد للمجال المغناطيسي. لا يمكن وجود مجال مغناطيسي دون هكذا مشهد (شحنات متحركة)

2- إذا اعتمدنا مبدأ آينشتاين في عدم وجود شيء أسرع من الضوء وأن الشحنات الكهربائية تتحرك بسرعة الضوء فإنّ شكل خطوط المجال الكهربائي سيكون شبه مرصوصا من ناحية الجهة التي يسير بها التيار بينما تنطلق في بقية الاتجاهات بشكل عمودي على سطح الكرة الذي يمثّل حيّز الشحنة. أي أنّه إن كانت الشحنات تسير بسرعة الضوء فإنه لا يوجد خطوط مجال كهربائي صادرة عن الشحنة في الاتجاه الذي تسير إليه.

3- بواسطة وضع ابهام اليد اليمنى باتجاه سير التيار نستطيع معرفة اتجاه خطوط المجال المغناطيسي. لكن هذه الخطوط لا تشكل دائرة كما يخطر بالبال للوهلة الأولى. وذلك لأنّ الشحنة متحركة، ولا يوجد خطوط مجال مغناطيسي متولد عن تيار كهربائي في بيئة مجالها الكهربائي غير متحرك. هذه الحركة تحتم أن يكون مسار خطوط المجال المغناطيسي مسارا حلزونيا تماما مثل مسار دوران الأرض حول الشمس. وإن حاولت تتبع مسار متجهة واحدة من متجهات خطوط المجال المغناطيسي ومثلت مسارها على مستوى ديكارتي ثنائي الأبعاد فإنّ المسار (موضع المتجهة على المستوى مع مرور الزمن) سينتهي بتشكيل دائرة بالرغم من تقدم قيم الزمن على المحور الذي يمثّل الوقت. هذا يعني عندها أن محور الوقت هو ليس ذلك

البعد الثنائي في المستوى الديكارتي الذي رسمته، بل هو البعد الثالث الذي يخرج من المستوى الديكارتي جاعلا منه نظاما ثلاثي الأبعاد. أي أنّ الدائرة في الحقيقة هي مسار حلزوني أنت تنظر لها بشكل عمودي على اتجاه سيرها. محاولة تمثيل مسار متجهات المجال المغناطيسي مع الزمن تكشف لنا العلاقة المعقدة التي يرتبط بها المجال المغناطيسي مع المجال الكهربائي من منظور معادلة ماكسويل. فالتغير الذي يطرأ على متجهات المجال المغناطيسي بمرور الزمن هو ناتج عن لي متجهات المجال الكهربائي، وليّ متجهات المجال الكهربائي يغير من موقع تلك المتجهات بحيث يكون التغيير في المركب السيني ناتج عن محصلة التغيّر في المركبتين الأخريين (الصادي والعمودي عليهما). وهذا واضح رياضيا عندما نحسب اللّيّ، فمثلا إن كان المجال الكهربائي تمثله دالة المتجهة:

$$\vec{E} =< E_x, E_y, E_z >$$

فإنّ:

$$\overrightarrow{\nabla \times E} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) i + \left(\frac{\partial E_z}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial z} \right) j + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) k$$

فإنّ كان: $\overrightarrow{\nabla \times E} =< \hat{E}_x, \hat{E}_y, \hat{E}_z >$ فإنّ: $\hat{E}_x = \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}$ هكذا نرى أن معامل المتجهة السيني للّيّ هو عبارة عن محصلة الفرق بين قيمتي التغيّر في المعامل العمودي بالنسبة للبعد الصادي والتغير في قيمة المعامل الصادي بالنسبة للاتجاه العمودي، أي أنّ العلاقة ليست خطية مباشرة.

وهذا التداخل في المتغيرات وتأثير بعضها في بعض يجعل من الصعوبة بمكان التنبؤ بآلية تعيدنا من مجال اللّيّ إلى المجال الأصلي الذي أنشأ ذلك اللّيّ.

لكن ما يجب أن يبقى معنا من فهم من خلال هذا التعقيد في العلاقة الرياضية هو أن معدل تغيّر مركب البعد الثالث (E_z)بالنسبة لمتجهة البعد الثاني($\frac{\partial}{\partial y}$) ومعدل تغيّر مركب البعد الثاني (E_y) بالنسبة لمتجهة البعد الثالث ($\frac{\partial}{\partial z}$) لا يمكن لكليهما أن يكونا صفر القيمة، وإن كان لا يجوز لكليهما أن يكونا صفر القيمة فلا يوجد سبب أن يكون أيّ منهما صفر القيمة. أي أنّ جميع متغيرات متجهات المجال الكهربائي والمغناطيسي تحتوي على دوال رياضية يعتمد أي منها على الأخريين. فلكل من مركبات متجهات المجالين الكهربائي والمغناطيسي هناك عنصر ربط ما بين قيمة معامل متجهة أي بعد من مركباتها وبين قيمتي معاملي المركبتين الأخريين.

4- هكذا نستنتج أن طبيعة المعادلة الرياضية التي باستطاعتها أن تصف حركة أو مسار خطوط المجال المغناطيسي يجب أن تحتوي على عناصر ومتغيرات تمكنها من تمثيل الحركة الحلزونية – إما باللجوء للاقترانات المثلثية (الجيب والجتا)، أو بما يكافؤها من قوى العدد الإيبيري (e). وهذا يعني أيضا أنّ ليّ كل من المجال المغناطيسي والكهربائي ليس صفرا.

5- معدل تغيّر عناصر معادلة مسار المجال المغناطيسي في الزمن ($\frac{\partial B}{\partial t}$) ستكافيء معدل تغيّر معادلة انتشار خطوط المجال الكهربائي في المسافة ($\nabla \times E$)، أو ما أطلقنا عليه اسم اللّيّ.

وعلاقتنا الجديدة التي تربط الزخم بالتيار والمجال المغناطيسي يمكن أن تعطينا قيمة للمجال المغناطيسي بدلالة متغيرات الزخم: $B = \frac{mv}{\lambda It} \Leftarrow mv = \lambda IBt$ ومن هذه العلاقة نجد الآتي:

دعنا نحاول إيجاد مشتقة المجال المغناطيسي بالنسبة للزمن $\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{mv}{\lambda It}\right)$ من خلال ثلاثة وجهات نظر:

الأولى هي أن نتعامل مع كل عنصر من عناصر هذه العلاقة على أنه متغير بالنسبة للزمن إن كان هذا العنصر يعتمد في وجوده الفيزيائي على الزمن، فمثلا بما أن العلاقة تحتوي على السرعة، فالسرعة هي المسافة على الزمن، لذلك من خلال وجهة النظر هذه سنقوم باشتقاق السرعة لتصبح التسارع، وهكذا لبقية العناصر التي تعتمد الزمن في وجودها الفيزيائي: $\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{mv}{\lambda It}\right) = \frac{\lambda It(m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt}) - mv(\frac{d(\lambda It)}{dt})}{(\lambda It)^2}$

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\lambda It(ma + qvB) - mv(\left(\frac{q}{t}\mathrm{t}\right)\frac{d(\lambda)}{dt} + \lambda\frac{d\left(\frac{q}{t}t\right)}{dt})}{(\lambda It)^2}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\lambda qma + \lambda q^2 vB - qmv^2 + (mv\lambda I)}{(\lambda It)^2}$$

الآن بتعويض القيم: $m = qBt، \lambda = \frac{v}{t}، q = It$ فإنّنا نحصل على

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{2B}{t}$$

وجهة النظر الثانية هي بأنّ يتم اختصار كل المتغيرات الفيزيائية بالنسبة للزمن باتجاه واحد (أي باتجاه $v=\frac{\lambda}{t}$ أو باتجاه $vt=\lambda$ وليس بالخلط بينهما) قبل البدء بالاشتقاق، كالآتي:

$$\frac{\partial B}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{mv}{\lambda It}\right)=\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{m\frac{\lambda}{t}}{\lambda\frac{q}{t}t}\right)=\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{m}{qt}\right)\square$$

$$\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{qt(qB)-m(q+tI)}{q^2t^2}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{q^2Bt-2q^2Bt}{q^2t^2}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{B}{t}$$

وجهة النظر الثالثة هي الاشتقاق فقط لمتغير الزمن الصريح دون النظر إلى الزمن الضمني في المقادير الفيزيائية الأخرى، كالآتي:

$$\frac{\partial B}{\partial t}=\frac{0-mv(\lambda I)}{(\lambda It)^2}=-\frac{mv}{\lambda It^2}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{mv}{\lambda It^2} \qquad \textbf{(187.1)}$$

وبتعويض قيمة mv نحصل على:

$$\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{\lambda IBt}{\lambda It^2}=-\frac{B}{t} \qquad \textbf{(188.1)}$$

إذن معادلة ماكسويل تصبح:

$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{B}{t}$ أي أنّ تغيّر المجال المغناطيسي في الزمن هو ترجمة مكافئة لتغير المجال الكهربائي في المكان. أي أنّه يتعين علينا أن نتعامل مع المكان كعامل دائم التغيّر بالنسبة للطاقة الكهرومغناطيسية، تماما كما هو حال الزمان بالنسبة لقوانين الفيزياء التقليدية.

$$\nabla \times E = \frac{B}{t} \qquad \textbf{(189.1)}$$

من المعروف أن ليّ المجال المتجهي للجهد يعطينا مجالا متجهيا آخرا. وهذه هي الوسيلة التي يتم اتباعها للوصول إلى صيغة رياضية للمجال المغناطيسي، وهو عن طريق افتراض وجود مجال الجهد والذي بأخذ اللّيّ له نحصل على المجال المغناطيسي. فهذا ما يذكره (Purcell, Edward M. 2013 p. 293) تحت عنوان 'الجهد المتجة' فيقول: "لقد وجدنا أنّ دالة الجهد العددي $\phi(x,\mathrm{y},\mathrm{z})$ اعطانا طريقة بسيطة لحساب توزيع المجال الكهروستاتيكي للشحنة. إذا كان هناك تشكيل ما من الشحنات $\rho(x,y,z)$، فإنّ الجهد في أي نقطة (x_1,y_1,z_1) يعطى عن طريق حساب تكامل الحجم:

$$\phi(x,\mathrm{y},\mathrm{z}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\int \frac{\rho(x_1,y_1,\mathrm{z}_1)}{r_{12}}$$

التكامل يمتد ليغطي كامل تشكيل الشحنات، و r_{12} هو مقدار المسافة من (x_2,y_2,z_2) إلى (x_1,y_1,z_1). المجال الكهربائي E يتم الحصول عليه كسالب مشتقة ϕ

$$E = -grad\phi$$

نفس الحيلة لا تصلح للمجال المغناطيسي، بسبب الصفة الضرورية الخاصة بـ B. اللّيّ لـ B (Curl of B) ليس بالضرورة يساوي صفر،لذلك B لا يمكن، في العموم، أن تساوي مشتقة جهد غير متجه. ومع ذلك فإنّنا نعلم عن نوع آخر من مشتقة المتجهة، اللّيّ

(Curl). اتضح أنّه يمكننا بشكل مفيد تمثيل B، ليس كمشتقة لدالّة عددية، ولكن كليّ لدالة متجهة، على النحو الآتي:

$$B = curlA$$

من خلال المماثلة الواضحة، نسمي A الجهد المتجه. ليس من الواضح، في هذه المرحلة، سبب فائدة هذا الأسلوب. هذا سيظهر كلما تقدمنا في التحليل. إنّه لأمر مشجع أنّ المعادلة $divB = 0$ يتم الحفاظ عليها، وذلك لأنّ div curl A = 0، لأي مجال متجهيA. أو بعبارة أخرى، فإنّ حقيقة أن $divB = 0$ تقدم لنا فرصة لتمثيل B على أنّه ليّ لدالّة مجال متجهي آخر. (Purcell, Edward M. 2013 p. 293).

وهذا واضح فيما توصلنا له من أن المجال المغناطيسي هو حاصل ضرب الزمن في لي المجال الكهرائي:

$$\nabla \times E = \frac{B}{t} \Rightarrow B = t\left(\nabla \times E\right)$$

كما أننا باستطاعتنا إيجاد العلاقة التي تربط اللّيّ الكهربائي مع اللّيّ المغناطيسي ابتداءا بالعلاقة: $\frac{\partial B}{\partial t} = -\frac{B}{t}$ وبتعويض $B = \frac{E}{c}$ في الجهة اليمين:

$$\frac{\partial B}{\partial t} = -\frac{E}{ct}$$

وبأخذ اللي للجهتين: $-ct\frac{\partial B}{\partial t} = E$

$$\nabla \times E = -\nabla \times \left(ct\frac{\partial B}{\partial t}\right) = -c\nabla \times \left(t\frac{\partial B}{\partial t}\right)$$

$$\nabla \times E = -c\left[\nabla t \times \frac{\partial B}{\partial t} + t\nabla \times \frac{\partial B}{\partial t}\right]$$

$$\nabla \times E = -c\left[1 \times \frac{-B}{t} + t\left(\nabla \times \frac{-B}{t}\right)\right]$$

$$\nabla \times E = -c\left[\frac{-B}{t} + t\left(\nabla(\frac{-1}{t}) \times \mathrm{B} + \frac{-1}{t}(\nabla \times B)\right)\right]$$

$$\nabla \times E = -c\left[\frac{-B}{t} + t\left(\frac{B}{t^2} - \frac{1}{t}(\nabla \times B)\right)\right]$$

$$\nabla \times E = -c\left[\frac{-B}{t} + \frac{B}{t} - (\nabla \times B)\right]$$

$$\nabla \times E = c(\nabla \times B)$$

أي أن:

$$\nabla \times B = \frac{1}{c}\nabla \times E \qquad \textbf{(190.1)}$$

وهذه النتيجة يمكننا أيضا التأكيد عليها من خلال الآتي:

من معادلة ماكسويل نستطيع الوصول إلى: $\nabla \times B = \frac{-1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}$

لكن $E = cB$

$$\nabla \times B = \frac{-1}{c^2}\frac{\partial (cB)}{\partial t}$$

$\nabla \times B = \frac{-1}{c}\frac{\partial (B)}{\partial t}$ **لكن** $\nabla \times E = -\frac{\partial (B)}{\partial t}$

$$\nabla \times B = \frac{1}{c} \nabla \times E$$

وكنا قد توصلنا في باب 'دور المجال الكهربائي' إلى أن:

$\nabla \times \mathrm{E} = -\frac{1}{96} \nabla . \mathrm{E}$ وبذلك يكون مقدار ليّ المجال المغناطيسي:

$$\nabla \times B = -\frac{1}{96c} \nabla . \mathrm{E}$$

$$\nabla \times B = -\frac{1}{96c} \frac{\rho_q}{\varepsilon_o} \qquad \textbf{(191.1)}$$

وإن كان: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$، وأيضا: $\mu_o \varepsilon_o c^2 = 1$

$$\text{أو} \quad \nabla \times B = -\frac{\mu_o c \rho_q}{24}$$

$$\nabla \times B = -\pi k \frac{\rho_q}{24c} \qquad \textbf{(192.1)}$$

اللّيّ المغناطيسي

من المتعارف عليه في علم الكهرومغناطيسية أنّ ليّ المجال المغناطيسي يعتمد على جزأين: الجزء الناتج عن الشحنات أو المجال الكهربائي المتغير مع مرور الوقت والجزء الناتج عن توزيع التيار المحلي غير المتغير. التيار المحلي يرمز له بكثافة التيار مضروبا في النفاذية المغناطيسية: $\nabla \times B = \mu_o J$ وهذا يكون عندما تكون كثافة التيار ثابتة مع الزمن. لكن عندما يكون هناك تغيّر في كثافة الشحنة، فإنّ التدفق في كثافة الشحنة بالنسبة للزمن لا تساوي صفرا. وبما ان التدفق في كثافة التيار هي معدل التدفق في كثافة الشحنة بالنسبة للزمن، فإنّ التدفق في كثافة التيار لا تساوي صفر. بينما العلاقة: $\nabla \times B = \mu_o J$ تحتّم أن

يكون التدفق فيها صفر إن اخذنا التدفق لها، لأنّ تدفق اللّيّ دائما صفر. أي أن: $\nabla.(\nabla\times B)=\nabla.(\mu_o J)=0$ وهذا تناقض لأنّ: $\nabla.J\neq 0$، بل $\nabla.J=-\frac{\partial\rho}{\partial t}$. لذلك تعارف الفيزيائيون على أنّ ليّ المجال المغناطيسي $\nabla\times B$ يعتمد على جزأين كما ذكرنا، وهما:

$\nabla\times B=\mu_o J+\frac{1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}$ حيث أن الجزء الثاني هو $\nabla\times B=\frac{-1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}$ الذي وصلنا له في الباب السابق مع تعديل في الإشارة. أي أن:

$$\nabla\times B=\mu_o J+\mu_o\varepsilon_o\frac{\partial E}{\partial t} \qquad (193.1)$$

ونستطيع أن نجد مشتقة المجال الكهربائي من خلال العلاقة:

$$E=k\frac{q}{r^2}=k\frac{It}{r^2}$$

لاحظ أننا إن تعاملنا مع $\frac{kI}{r^2}$ على أنّها ثابت فإنّ المشتقة عندها ستكون:

$$\frac{\partial E}{\partial t}=\frac{kI}{r^2}$$

أما إذا أخذنا المنحى القائل بأنّ مشتقة المسافة بالنسبة للزمن هي أيضا قسم معتبر من هذه العلاقة لوجود المسافة r^2، فإنّ المشتقة عندها ستساوي:

$$\frac{\partial E}{\partial t}=-\frac{kI}{r^2}$$

الفرق بين الأسلوبين هو في الإشارة، والأصوب هو وجود الإشارة السالبة فهي الغي الأإشارة السالبة من العلاقة ($\nabla\times B=\frac{-1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}$) ولن نحتاج للتغاضي عن تلك الأغشارة

عند جمعها مع الشق الثاني من المعادلة كما هو متبع في مراجع الفيزياء. ولذلك سنعمد إلى حذف الإشارة ولكن الحذف ناتج عن التغاء الاشارتين السالبتين وليس بسبب اهمال الإشارة الشالبة!

نعوض هذه القيمة في ليّ المجال المغناطيسي، فيصبح:

$$\nabla \times B = \mu_o J - \mu_o \varepsilon_o \left(-\frac{kI}{r^2} \right)$$

$$\nabla \times B = \mu_o J + \mu_o \varepsilon_o \frac{I}{4\pi \varepsilon_o r^2}$$

$$\nabla \times B = \mu_o J + \mu_o \frac{I}{4\pi r^2}$$

لاحظ الآن أنّ $\frac{I}{4\pi r^2}$ هي كثافة التيار J ، إذن:

$$\nabla \times B = 2\mu_o J \qquad (194.1)$$

لاحظ كيف أنّنا احتفظنا بالإشارة السالبة في $\nabla \times B = \frac{-1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}$ وألغتها إشارة المشتقة السالبة $\frac{\partial E}{\partial t} = -\frac{kI}{r^2}$ حتى لا يكون اللّيّ في المجال المغناطيسي صفرا.

وما توصلنا له من اختصار علاقة اللّي في المجال المغناطيسي بدلالة كثافة التيار يخبرنا بأنّ إيجاد علاقة للّي في المجال المغناطيسي بدلالة التغيّر الزمني في المجال الكهرابئي ممكن:

فإنّ ابتدأنا من

$$\nabla \times B = \mu_o J + \mu_o \frac{I}{4\pi r^2}$$

$$\nabla \times B = \mu_o \frac{I}{4\pi r^2} + \mu_o \frac{I}{4\pi r^2}$$

$$\nabla \times B = 2\mu_o \frac{I}{4\pi r^2}$$

$$\nabla \times B = 2\mu_o \varepsilon_0 \frac{I}{4\pi \varepsilon_0 r^2}$$

$$\nabla \times B = 2\mu_o \varepsilon_0 \frac{I}{4\pi \varepsilon_0 r^2}$$

$$\nabla \times B = 2\mu_o \varepsilon_0 \left(k \frac{I}{r^2} \right)$$

$$\nabla \times B = 2\mu_o \varepsilon_0 \left(-\frac{\partial E}{\partial t} \right)$$

$$\nabla \times B = \frac{2}{c^2} \left(-\frac{\partial E}{\partial t} \right)$$

$$\nabla \times B = \frac{2}{c} \left(-\frac{\partial}{\partial t} \frac{E}{c} \right)$$

$$\nabla \times B = \frac{2}{c} \left(-\frac{\partial B}{\partial t} \right)$$

$$\nabla \times B = \frac{2}{c} \left(\nabla \times E \right)$$

كما أننا نستطيع أن نجد العلاقة فيما بين ليّ المجال المغناطيسي والمجال المغناطيسي نفسه ابتداءا من العلاقة: $\nabla \times B = 2\mu_o \frac{I}{4\pi r^2}$ **واسترجاع العلاقة:** $B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$

$$\nabla \times B = \frac{2\mu_o}{4\pi r^2}\frac{2\pi rB}{\mu_o}$$

ومنها:

$$\nabla \times B = \frac{B}{r} \qquad \textbf{(195.1)}$$

كما أنّنا نستطيع ادراج منبع التدفق للمجال الكهربائي للتدليل على اللّيّ في المجال المغناطيسي، إن ابتدأنا من: $\nabla \times B = \mu_o J + \mu_o \varepsilon_o \frac{I}{4\pi\varepsilon_o r^2}$

$$\nabla \times B = \mu_o J + \frac{\mu_o \varepsilon_o}{t}\frac{It}{\varepsilon_o 4\pi r^2}$$

$$\nabla \times B = \mu_o J + \frac{\mu_o \varepsilon_o}{t}\frac{q}{\varepsilon_o A}$$

$$\nabla \times B = \mu_o J + \frac{\mu_o \varepsilon_o}{t}\frac{\rho_q}{\varepsilon_o}$$

الآن إن أخذنا منبع التدفق للطرفين:

$\nabla.(\nabla \times B) = \mu_o \nabla.J + \frac{\mu_o \varepsilon_o}{t}\nabla.\left(\frac{\rho_q}{\varepsilon_o}\right)$ **وبما ان تدفق اللي دائما صفر:**

$$0 = \mu_o \nabla.J + \frac{1}{\varepsilon_o c^2 t}\nabla.(\rho_q)$$

$$\nabla.J = -\frac{1}{t}\nabla.(\rho_q)$$

$$t\nabla.J = -\nabla.(\rho_q)$$

وبما أن: $\nabla.J = -\frac{\partial \rho_q}{\partial t}$ **فإنّ:**

$$t\left(-\frac{\partial \rho_q}{\partial t}\right) = -\nabla.\left(\rho_q\right)$$

$$\nabla.\left(\rho_q\right) = t\frac{\partial \rho_q}{\partial t} \qquad \textbf{(196.1)}$$

منبع التدفق في المجال المغناطيسي:

المعادلة الأخيرة لماكسويل تتعلق بالتدفق المغناطيسي. ولغة تعني أنّ معدل التغيّر المكاني في منبع التدفق المغناطيسي صفر: $\nabla.\mathrm{B} = 0$

وقد مرّ معنا من خلال تحليل معادلات ماكسويل في الأبوب السابقة أنّ العلماء انتهجوا منهجا عقليا في تحليل هذه المعادلة رياضيا معتبرين أنّه: بما أنّ معدل التدفق صفر وبما أن معدل اللّيّ لأي مجال هو صفر فقد اعتبروا أن المجال المغناطيسي B في $\nabla.\mathrm{B} = 0$ **هو عبارة عن لي لمجال آخر غير معروف:** $B = \nabla \times A$ **ثمّ تكون نتيجة التدفق لهذا اللي صفرا:**

$$\nabla.B = \nabla.\left(\nabla \times A\right)$$

بالطبع هناك تداخل وترابط بين جميع معادلات ماكسويل كما بينا في الأبواب السابقة ورأينا أنّ البحث في أي منها ينقلنا للأخرى أو لأخريات. وهنا سنحاول إيجاد نتائج التدليل عن المجال المغناطيسي بدلالة معادلتنا الأصيلة التي ابتدعناها للعزم: $mv = \mathrm{B}\lambda q$

$$\nabla.\left(\mathrm{B}\lambda q\right) = \nabla.\left(mv\right)$$

$$\lambda q\nabla.\mathbf{B} + \mathbf{B}\nabla.\left(\lambda q\right) = v\nabla.m + m\nabla.v$$

$$\lambda q\nabla.\mathbf{B} + \mathbf{B}\left[q\nabla.\lambda + \lambda\nabla.q\right] = v\nabla.m + m\left(\frac{\partial v}{\partial x_i}\right)$$

$$\lambda q\nabla.\mathbf{B}+\mathbf{B}q\nabla.\lambda+B\lambda\nabla.q=v\nabla.m+m\left(\frac{\partial v}{\partial x_i}\right)$$

لاحظ أنّه من الضروري عندما نبحث في تحديد مقدار منبع التدفق لمتغير فيزيائي فإنّه من الضروري عندها أن نثبّت بقية الأبعاد، أي أنّ نطبق مفهوم البعد الصفري. ومن هنا يأتي مفهوم تثبيت الزمن عند النظر في مقدار منبع تدفق الكتلة مثلا أو مقدار منبع تدفق الشحنة. فعندما ننظر في تغيّر المكان بثبوت الزمن فإنّ ذلك يعني أننا ننظر في حيّز كروي، تغيّر الزمن بالتزامن مع تغيّر المكان يعني أنّ الكرة تتوسع، أي أنّ نصف قطرها يزداد أو يقل بحسب نوع التغيّر. بينما عندما يكون الزمن ثابتا فإنّ التغيّر في المكان يعني ثبات نصف القطر والتغير يحصل فقط في انتقال نقطة العناية من مكان ما على سطح الكرة إلى مكان ما آخر على نفس سطح الكرة. هذا يعني عندها أنّ التغيّر المكاني بثبوت الزمن للكتلة وللشحنة صفر. لأنّ الحيّز الواحد لا تتغير شحنته ولا تتغير كتلته إلا بتغير حجمه. إذن: $\nabla.q=\nabla.m=0$ **ومنها:**

$$\lambda q\nabla.\mathbf{B}+\mathbf{B}q\nabla.\lambda=m\left(\frac{\partial}{\partial x_i}\frac{\partial x_i}{\partial t}\right)$$

$$\lambda q\nabla.\mathbf{B}+\mathbf{B}q\nabla.\lambda=m\left(\frac{\partial}{\partial x_i}\frac{\partial x_i}{\partial t}\right)$$ **فإذا كان:** $q\mathrm{B}t=m$

$\lambda q\nabla.B+Bq=qB$ **ومنها:**

$$\nabla.\mathbf{B}=0$$

سعة المكثف

تعرف علاقة سعة المكثف بفرق الجهد والشحنة حسب العلاقة الآتية:

$V = \frac{Q}{C}$، حيث C: هي سعة المكثف، وبما أنّ فرق الجهد: $V = Ed$ (حاصل ضرب المجال الكهربائي في المسافة)

$C = \frac{Q}{Ed}$ وإن كان المجال الكهربائي هو حاصل ضرب المجال المغناطيسي في سرعة الضوء، والشحنة هي التيار في الزمن:

$C = \frac{It}{v_c Bd}$ حيث v_c: هي سرعة الضوء واستخدام هذا الرمز بدل المتعارف عليه (c) لتجنب التشابه مع رمز سعة المكثف.

$C = \frac{I}{v_c B \frac{d}{t}}$ والمسافة على الزمن هي السرعة:

$C = \frac{I}{(v_c)^2 B}$ ولا ننسى أن هناك علاقة بين التيار والمجال المغناطيسي: $B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$

$C = \frac{2\pi r I}{(v_c)^2 \mu_o I}$، وهناك العلاقة: $\mu_o \varepsilon_0 (v_c)^2 = 1$

$$C = \frac{2\pi r \varepsilon_0 (v_c)^2}{(v_c)^2}$$

$$C = 2\pi r \varepsilon_0 \qquad \textbf{(197.1)}$$

قيمة كثافة المكثف تعتمد على نصف القطر وعلى نفاذية المادّة كهربائيا. أو

$$C = \frac{2\pi r}{\mu_0 (v_c)^2} = \frac{2\pi t}{\mu_0 (v_c)}$$

المقاومة الكهربائية

نستطيع كذلك من علاقة سعة المكثف السابقة أن نعبر عن المقاومة الكهربائية بدلالة النفاذية الكهربائية:

من العلاقة: $V = \frac{Q}{C}$ **والعلاقة:** $V = IR$

$$C = \frac{It}{IR}$$

$R = \frac{t}{C}$ **وإذا كانت** $C = 2\pi r\varepsilon_0$

$$R = \frac{t}{2\pi r\varepsilon_0} \qquad \textbf{(198.1)}$$

وبمزيد من السبر لهذه العلاقة نحصل على:

$$R = \frac{1}{2\pi \frac{r}{t}\varepsilon_0}$$

$$R = \frac{1}{2\pi c\varepsilon_0}$$

$$R = \frac{\mu_0 c}{2\pi} \qquad \textbf{(199.1)}$$

أو

$$R = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0 c} \qquad \textbf{(200.1)}$$

حث الملف

وبنفس الطريقة نستطيع التعبير عن حث الملف بطريقتين:

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{IL}{t}$$

$$L = \frac{Qt}{IC} = \frac{t^2}{C} = \frac{t^2}{2\pi r\varepsilon_0} = \frac{t}{2\pi c\varepsilon_0} = \frac{\mu_0 ct}{2\pi}$$

وكذلك: $V = IR = \frac{IL}{t}$

أو $L = Rt = \frac{\mu_0 ct}{2\pi}$

$$L = \frac{t}{2\pi\varepsilon_0 c}$$

المراجع

ستيفن هوكنج. 2016. تاريخ موجز للزمان. من الانفجار الكبير حتى الثقوب السوداء. ترجمة مصطفى ابراهيم فهمي. ISBN: 978-977-6483-59-0 دار التنوير للطباعة والنشر. بيروت، لبنان

الطائي، محمّد باسل. 1998. خلق الكون بين العلم والإيمان. دار النفائس. بيروت – لبنان.

الطائي، محمّد باسل. 2010. صيرورة الكون. مدارج العلم ومعارج الإيمان. علام الكتب الحديث. إربد – الأردن.

الطائي، محمّد باسل. 2010_2. دقيق الكلام. الرؤية الإسلامية لفلسفة الطبيعة. علام الكتب الحديث. إربد – الأردن.

Alexander Unzicker. 2015. Einstein's Lost Key: How We Overlooked the Best Idea of the 20th Century. Kindle Edition. ISBN-13:978-1519473431. ISBN-10: 1519473435

Berkley Physics Course: Mechanics Volume 1, Second edition.

Eyvind H. Wichmann, Quantum Physics. Berkley physics course volume 4. 1967. Library of Congress Catalog Card Number 64-66016

Krauss, Lawrence. 2017. The Greatest Story Ever Told—So Far. Why are we here?. Atria Books. ISBN: 978-1-4767-7761-0

Purcell, Edward M. 2013. Electricity and magnetism / Edward M. Purcell, David J. Morin, Harvard University, Massachusetts. – Third edition. ISBN 978-1-107-01402-2 (Hardback)

Wolfgang Nolting. 2016. Theoretical Physics 3. Electrodynamics. ISBN 978-3-319-40167-6 ISBN 978-3-319-40168-3 (eBook)

الملحقات

الوحدات الطبيعية: وحدات بلانك

اعتمد ماكس بلانك على ثوابت فيزيائية لتعميم وحدات قياس فيزيائية عالية ، الفيزيائيون يسمونها الوحدات الطبيعية. وهذه الثوابت هي:

C: سرعة الضوء $3\times10^{8}\,\frac{m}{s}$

G: ثابت الجاذبية $6.6743\times10^{-11}\,\frac{N.m^2}{kg^2}=6.6743\times10^{-11}\,\frac{m^3}{kg.s^2}$

$\hbar$ **: ثابت بلانك** $\frac{h}{2\pi}=1.05\times10^{-34}\,\frac{kg.m^2}{s}$ ، $h=6.626\times10^{-34}\,\frac{kg.m^2}{s}$

الآن إذا ما أوجدنا حاصل ضرب قوى هذه الثوابت بحيث نختار لكل منها قوّة بحيث إذا ما ضربت مع البقية تعطينا وحدة طبيعية واحدة، مثل: متر، أو ثانية، أو كغم. فإنّنا نحصل على:

أولا لإيجاد أصغر وحدة مترية: علينا أن نرى أي تشكيل من قوى الثوابت السابقة يخلصنا من جميع الوحدات ما عدا المتر؟ وهذا نلاحظ أنّه سيكون عن طريق اختيار الآتي:

☐ $c^a.G^b.\hbar^d=x[meters]$

هذا يعني أنّ: $m^a.s^{-a}.\mathrm{m}^{3b}.kg^{-b}.s^{-2b}.kg^{d}.m^{2d}.\mathrm{s}^{-d}=m^1$

$$d=\frac{1}{2}$$

إذن: $\begin{matrix} a+3b+2d=1 \\ -b+d=0 \\ -a-2b-d=0 \end{matrix}$ وبحل هذه المعادلات نجد أنّ: $b=\frac{1}{2}$

$$a=\frac{-3}{2}$$

أي أنّ طول بلانك هو: $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}=1.6\times10^{-35}$ متر

وبنفس الطريقة نجد أنّ زمن بلانك هو: $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}=5.39\times10^{-44}$ ثانية

وكتلة بلانك هي: $\sqrt{\frac{\hbar c}{G}}=2.17\times10^{-8}$ كغم

ثابت التركيب الدقيق: $\alpha=\frac{q^2}{\hbar c}\approx\frac{1}{137}$

الفهرس

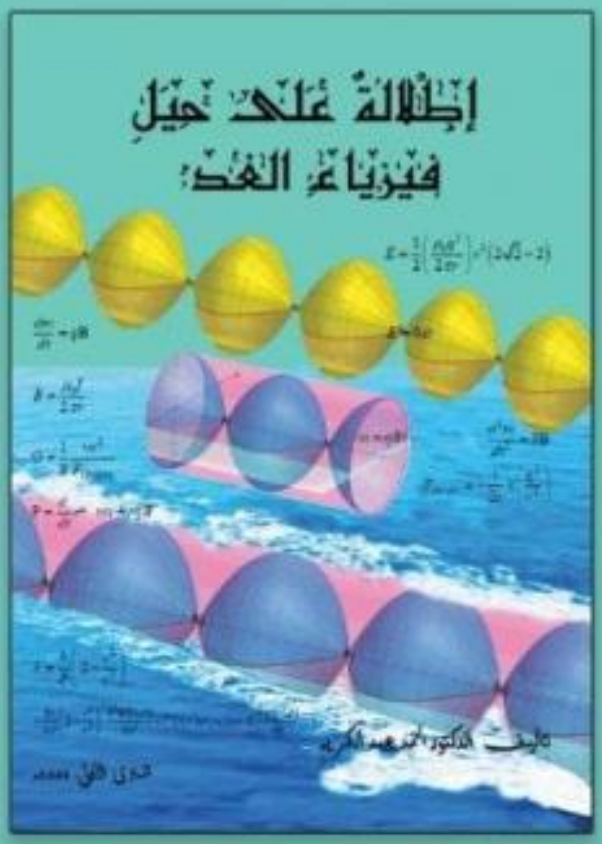
مقدمة.....15
علاقات أساسية 15
الحركة هي أم الفيزياء.....17
الحتمية والقيومية 21
تجربة مايكلسون ومورلي.....31
القوة والحجم 46
تلازمية الضعف والقوة 53
شكل الذرّة.....55
الضوء عرض.....58
الضوء كجوهر.....77
تهييج الذرّات.....79
الكتلة حيّز.....87
هل صيغة الزخم علاقة جديدة.....95
تحويل التقارب في العلاقة إلى التساوي 98
قطبية الشحنة.....105
وحدة عزم كتلة الحيّز 112
قوّة الحيّز وتعديل الثابت 113
هل E=cB 115
دور المجال الكهربائي.....116

الالكترون المستقر 126
طول موجة الالكترون المستقر 128
الكتلة شحنة محكومة 130
أبعاد المقادير الفيزيائية 136
حاصل الضرب فى الزمن 149
تردّد الكتلة 151
أثر التغيّر فى الكتلة 153
علاقة تغيّر المجال فى الزمن بالتغير فى الكتلة 156
الكتلة من قانون لورنتز 158
مشتقات الكتلة وقانون لورنتز 158
مشتقات الكتلة وموجة دى برولى (Broglie) 163
معادلة شرودنجر 171
كثافة الطاقة 174
كثافة الشحنة 176
كثافة التيار 177
قانون كولومب 178
قانون نيوتين للجاذبية 179
قانون نيوتن الثانى 186
سرعة دوران الالكترون قبل 190
سرعة دوران الالكترون بعد 193
طاقة انفلات الالكترون 195

العلاقة بين المشتقة الثانية للكتلة والقوة 198
المتانة أصل الزخم 203
ثابت الجاذبية 207
القوة الكهربائية والمغناطيسية 210
قوّة لورنتز 211
السرعة بدلالة الشحنة والتيار 213
ثابت الزنبرك وشغله 214
فرق الجهد الكهربائي 215
الطاقة 218
طاقة الحركة 218
طاقة الوضع 219
طاقة الشغل 221
الشغل الكهربائي 222
معادلة آينشتاين للطاقة 222
ثابت بلانك 223
علاقة ثابت بلانك بالزخ والمتانة 227
المجال المغناطيسي 228
معادلات ماكسويل 230
سعة المكثف 250
المقاومة الكهربائية 252
حث الملف 252

المراجع.....254
الملحقات.....255
الوحدات الطبيعية: وحدات بلانك.....255
الفهرس.....257

الغرض الأهم في هذا العمل تجده في تطبيق مفهوم تحويل الفكرة لمعادلة رياضية. وهذا من أصعب مراحل التقدم العلمي في فهم قوانين وسنن الكون. ولا أبالغ إن قلت بأن هذه الخطوة هي الحاجز الذي يقف عنده علماء فيزياء الكم المعاصرون، هم عاجزون عن تقديم معادلة رياضية تصف فهمهم لما يلاحظونه من سلوك المادّة والطاقة الكموميتان. لقد شرحت الآلية التي بواسطتها وصل تدبري والهامي للعلاقة الرياضية الأصيلة في هذا العمل. التقصي والتصور والتدبّر له دور مهم وأساسي في التقدم العلمي، لكن تحويل نموذج الفكرة إلى معادلة رياضية هو السبيل والعربة التي بواسطتها يتقدم العلم وتتطور الحضارة. وفي هذا العمل تجد تطبيقا عمليا لعملية التدبّر وتحويل النموذج لمعادلة رياضية ومن ثمّ عرض هذه المعادلة الرياضية على ما هو متوفر من معادلات الفيزياء التي تتعلق بها من طرف أو آخر، فكان ما تجده في هذا العمل من سبر الأغوار الرياضية لمجمل العلاقات الفيزيائية ذات الصلة.



9789923784105