تمهيد:

قصور فى نظرية النسبية الخاصة:

تقتضى نظرية النسبية الخاصة بأن قوانين الكون واحدة بالنسبة للاطارات ذات القصور الذاتى اى الاطارات التى تتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة لبعضها البعض
وتفى القوانين بهذا الشرط وهذه الرؤية الرئيسية فى النظرية " قوانين الكون واحدة " تحت تحويل لورنتز اينشتاين وبالتالى فان القانون الذى يكون تغيرى تحت تحويل لورنتز " اى يتغير من اطار الى آخر "يكون خاطىء
كل هذا حسن ونحن ندعمه اين القصور اذا ؟
القصور يمكننا ادراكه فى كلمة قوانين الكون! ؟
نعم
فتحويلات لورنتز اينشتاين والتى من خلالها يمكننا تعيين لا تغير اى قانون من إطار الى آخر وبالتالى صحته لا يتضمن الا ثلاثة تحويلات فقط
نعم ثلاثة تحويلات فقط واحدة للمكان او بالاحرى الطول وأخرى للزمن وثالثة للكتلة
وهذه الكميات الثلاثة هى كميات فيزيائية أساسية يمكننا استنتاج كميات مشتقة منها تغطى قوانين كونية تشمل علم الميكانيكا مثلا والذى يعتمد على هذه الكميات الثلاثة الأساسية الطول والكتلة والزمن والذى يحوى كميات مشتقة مثل : كمية الحركة والقوة والطاقة والتسارع والضغط والدفع ، --------هذه الكميات المشتقة يمكن ايجاد تحويلات لورنتز _اينشتاين لها اذا علمنا فقط تحويلات لورنتز _ اينشتاين للكميات الثلاثة الفيزيائية الطول والزمن والكتلة

ولكننا فى معرض علم آخر مثل الحرارة كيف سنعرف تحويل لورنتز اينشتاين للحرارة ؟
وباختصار نحن نحتاج الى نظرية جديدة تعطينا تحويلات لورنتز _ اينشتاين للكميات الفيزيائية الأساسية وبالتالى تمكننا من الحصول على جميع التحويلات للكميات المشتقة فكيف ذلك؟

تعديل فى النظرية النسبية الخاصة! ؟

تحتوى النظرية النسبية الخاصة على اربعة ابعاد ثلاثة للطول وواحد للزمن وتقدم فى نفس الوقت ثلاثة تحويلات تحويلا للطول وآخر للزمن وثالثا للكتلة

وتتكون معادلات النسبية الخاصة الرئيسية كما سنبين فى التفصيل الرياضياتى (نسبة الى رياضيات) فيما بعد من تحويل على هذا الشكل:

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 - c'^2t'^2$$

حيث يحتفظ القانون فى الإطار المتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة لإطارآخر الطرف الأيمن

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c'^2t'^2$$

بنفس هيئته فى الإطار الآخرالساكن الطرف الأيسر

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2$$

وذلك تحت تحويلات لورنتز _ اينشتاين

واذا تمعنت فى الموقف اكتشفت ان الطول والزمن والكتلة وهى تحويلات اينشتاين ما هى الا كميات فيزيائية أساسية وهى فى ذات الوقت تحوى الطول والزمن اللذان يمثلان الابعاد الاربعة لاينشتاين حيث ثلاثة ابعاد للمكان وبعد للزمان

اذا كنا نحتاج الى تحويلات للطول والزمن والكتلة هل كنا سنستنتج تحويلاتهم مباشرة بادراجهم جميعا كأبعاد ؟

أى بإضافة الكتلة كبعد خامس مع المكان و الزمان هل كان من الممكن ايجاد تحويلات اينشتاين للطول والزمن والكتلة مباشرة ؟

فى الحقيقة ممكن

كانت هذه هى الفكرة الاساسية التى طورت فيما بعد

لتصبح أساس نظرية الثوابت

النظرية تلوح فى الأفق:

لاحظ معى ماذا فعل اينشتاين لإدخال الزمن t كبعد رابع قام بضرب الزمن t فى ثابت c يحوله الى طول بحيث يمكن إضافته الى مربع عنصر الطول مكونا الفضاء الرباعى لأينشتاين و الذى هو تعميم لمربع عنصر الطول لفيثاغورس

ولأنه ليس طولا حقيقيا فإن مربعه يصبح $-c^2t^2$ حيث c هو سرعة الضوء

ويمكن فعل ذلك بإضافة الكتلة كبعد خامس بضربها فى ثابت مناسب يحولها الى طول
ولن تعييك الحيلة لإيجاد الثابت فقيم بلانك والتى هى ثوابت جميعها تمكنك من فعل ذلك

يمكنك ان تقسم طول بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ على كتلة بلانك $\sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$ لتحصل على ثابت التحويل المناسب حيث $\hbar$ هو ثابت بلانك h مقسوما على 2π فيصبح: $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

و G هو ثابت الجذب العام و c هى سرعة الضوء

ما هو الثابت المناسب للتحويل؟

$\sqrt{\frac{\hbar G G}{c^3 \hbar c}}$ وباختصار $\hbar$ يكون الناتج $\sqrt{\frac{G^2}{c^4}}$

أى أن ثابت التحويل هو $\frac{G}{c^2}$

حيث G هو ثابت الجذب العام و c هى سرعة الضوء

وبضربها فى الكتلة M تصبح المركبة الخامسة لمربع الطول فى الفضاء الخماسى هى :

$i_2 \frac{G}{c^2} M$ حيث i_2 هو جذر للعدد -1 ويعبر عن عدد تخيلى

ومربعها $-\frac{G^2}{c^4}M^2$

وبالتالى فإن مربع عنصر الطول فى الفضاء الخماسى يصبح:

$$x^2+y^2+z^2-c^2t^2-\frac{G^2}{c^4}M^2$$

وبالتالى تصبح معادلة اينشتاين للنسبية الخاصة فى البعد الخامس هى :

$$x^2+y^2+z^2-c^2t^2-\frac{G^2}{c^4}M^2=$$

$$x'^2+y'^2+z'^2-c'^2t'^2-\frac{G'^2}{c'^4}M'^2$$

ويمكننا كما سيتبين فى التفصيل الرياضياتى استنتاج تحويلات اينشتاين لورنتز الثلاثة مباشرة للطول و الزمن و الكتلة

مع الإجابة على سؤال هام جدا وهو إمكانية الاكتفاء بالفرض الأول من النسبية دون فرض ثبات سرعة الضوء ثم اثبات ان سرعة الضوء فى الفراغ ثابته من المعادلات بدون الحاجه الى فروض اى تقليل فروض النسبية الخاصة الى فرض واحد فقط واستنتاج الاخر من المعادلات
سيتبين لنا صحة ذلك من الاستنتاج الرياضى

ماذا نحتاج ؟

كما أوضحنا سابقا فإن الطول والزمن والكتلة هى كميات أساسية فى الفيزياء ادخلناها كأبعاد وأوجدنا تحويلاتها ونحتاج حتى نصل الى الهدف **قوانين الكون واحدة** إضافة جميع الكميات الفيزيائية الأساسية كأبعاد لإيجاد تحويلاتها وبالتالى التمكن من إيجاد التحويلات للكميات المشتقة منها

الكميات الأساسية فى الفيزياء ما هى؟

تبعا للنظام الدولى للوحدات هناك سبعة كميات أساسية بالإضافة الى كميتين أخرتين و هذه الكميات هى:

و الترتيب حتى الآن ليس له أهمية

الطول 3 والزمن 4 و الكتلة 5 والشحنة 6 ودرجة الحررة 7 وشدة الإستضاءة 8 وعدد الجرامات الجزيئية 9

بالإضافة الى الزاوية النصف قطرية 10 والزاوية المجسمة 11 وهما كميتان فيزيائيتان أساسيتان ليس لهما أبعاد

وبالتالى يكون لدينا ابعاد عددها 11 بعد
واليك تفصيلا لرمز كل بعد والذى استخدمناه فى البحث مع ثابت التحويل المستخدم وكيفية إستنتاجه
وسيتم إستخدامهم فى التفصيل الرياضياتى (نسبة الى رياضيات)

الشحنة رمزنا لها بالرمز q وثابت التحويل لها يأتى من خارج قسمة طول بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ على شحنة بلانك $\sqrt{\frac{\hbar c}{k_e}}$ حيث k_e هو ثابت كولوم
ويكون ثابت التحويل هو:

$\sqrt{\frac{\hbar G k_e}{c^3 \hbar c}}$ وبإختصار $\hbar$ يكون الناتج $\sqrt{\frac{k_e G}{c^3 c}}$
اى ان ثابت التحويل يكون على الصورة:

$$\frac{\sqrt{k_e G}}{c^2}$$

وتكون مركبة الطول لبعد الشحنة هى: $i_3 \frac{\sqrt{k_e G}}{c^2} q$ حيث i_3 هو جذر لـلعدد -1 ويـعبر عن عدد تخيلى

ومربعها $-\frac{k_e G}{c^4} q^2$

درجة الحرارة استخدمنا لها فى البحث الرمز T

ويكون ثابت التحويل هو خارج قسمة طول بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ على درجة حرارة بلانك

$\sqrt{\frac{\hbar c^5}{G k_B^2}}$ فيكون الناتج هو: $\sqrt{\frac{\hbar G G k_B^2}{c^3 \hbar c^5}}$ حيث : k_B هو ثابت بولتزمان

وبإختصار $\hbar$ يكون الناتج

$$\sqrt{\frac{G^2 k_B^2}{c^8}} = \frac{G k_B}{c^4}$$

وتكون مركبة الطول لبعد لحرارة هى: $i_4 \frac{Gk_B}{c^4} T$ حيث i_4 هو جذر للعدد -1 ويعبر عن عدد تخيلى

ومربعها $-\frac{G^2 k_B{}^2}{c^8} T^2$

ونرمز لعدد الجرامات الجزيئية فى البحث بالرمز mol ويمكن الحصول على ثابت التحويل بقسمة طول بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ على قيمة عدد الجرامات الجزيئية بالمول فى حائط بلانك $\frac{1}{N_A}$

حيث N_A هو عدد أفوجادرو و هو ثابت يعطى مقلوب عدد الجرامات الجزيئية بالمول

$$\sqrt{\frac{\hbar G(N_A)^2}{c^3}}$$

وتكون مركبة الطول لبعد عدد الجرامات الجزيئية هى:

$$i_5\sqrt{\frac{\hbar G(N_A)^2}{c^3}}mol$$

حيث i_5 هو جذر العدد -1

ويعبر عن عدد تخيلى

ومـربـعـهـا :

$$-\frac{\hbar G N_A^{\ 2}}{c^3}mol^2$$

وشدة الإستضاءة ووحدتها الكانديلا أو الشمعة العيارية ورمزنا لها فى البحث بالرمز cd

ويمكن الحصول على ثابت التحويل بقسمة طول بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ على قيمة الكانديلا فى حائط بلانك I_{vpl} فيكون الناتج هو : $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3 I^2_{vpl}}}$ وتكون مركبة الطول لبعد شدة الإستضاءة

وتكون مركبة الطول لبعد عدد الجرامات الجزيئية هى:

$$i_6\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3(I_{vpl})^2}}cd$$

حيث i_6 هو جذر للعدد -1 ويعبر عن عدد تخيلى

ومربعها :

$$-\frac{\hbar G}{c^3 (I_{vpl})^2} cd^2$$

البعدان الأخيران وهما الزاوية النصف قطرية ووحدتها rad وحيث أن:

$360 = 2\pi rad$ فإن: $\frac{360}{2\pi} = rad$ أى أن: $\frac{180}{\pi} = rad$

فقد إستخدمنا فى المعادلات $\frac{180}{\pi}$ بدلا من rad للتعبير عن الزاوية النصف قطرية

ويكون ثابت التحويل هو ثابت بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ لان الزاوية النصف قطرية هى كمية فيزيائية أساسية ليس لها أبعاد

وتكون مركبة الطول لبعد عدد الجرامات الجزيئية هى: $i_7\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}(\frac{180}{\pi})}$ حيث

i_7 هو جذر للعدد -1 ويعبر عن عدد تخيلى

ومربعها :

$$-\frac{\hbar G}{c^3}(\frac{180}{\pi})^2$$

والزاوية المجسمة ووحدتها الإستراديان رمزنا له فى البحث بالرمز sr

ولأنه أيضا كمية فيزيائية أساسية ليس لها أبعاد يكون ثابت التحويل هو ثابت بلانك $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$

وتكون مركبة الطول لبعد عدد الجرامات الجزيئية هى: $i_8\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}sr$ حيث

i_8 هو جذر للعدد -1 ويعبر عن عدد تخيلى

ومربعها :

$$-\frac{\hbar G}{c^3}(sr)^2$$

تعريف النقطة

والخط المستقيم يتكون من عدد من النقاط (يفترض نظريا أنه عدد لا نهائى من النقاط لان النقطة ليس لها أبعاد)

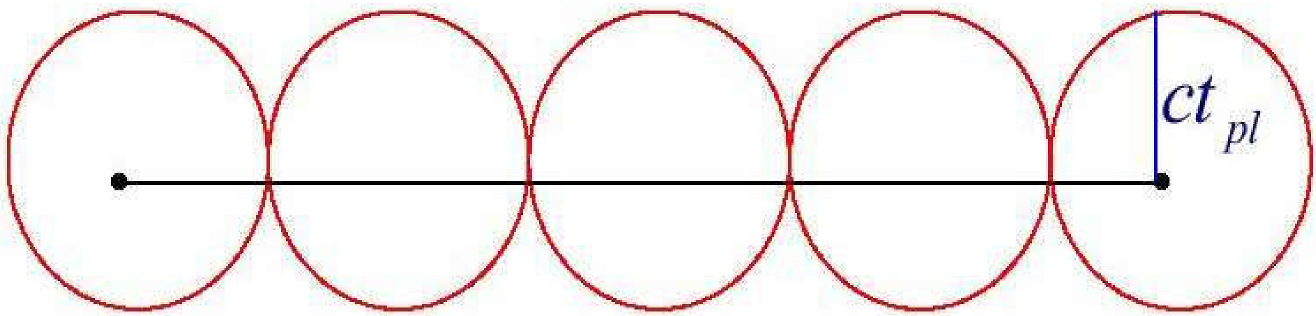
وتبعا للنسبية الخاصة لالبرت أينشتاين فإن الاطوال تنكمش فى إتجاه الحركة

ويظهر هذا فى تفسير إنكماش فيتزجيرالد- لورنتز

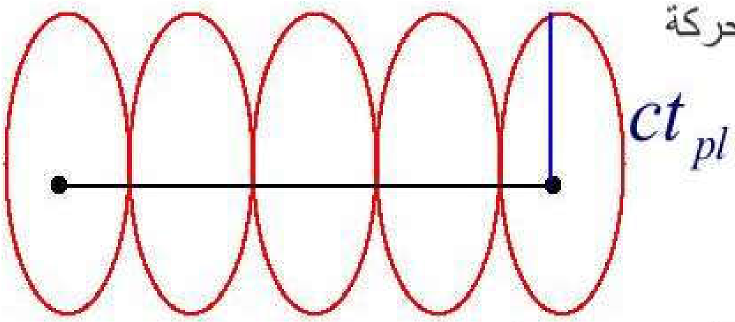
فى أن الانكماش لا يمكن قياسه بواسطة وسائل طبيعية لماذا؟

لان أدوات القياس نفسها ستنكمش فى اتجاه الحركة

واذا كان الفضاء سينكمش فى اتجاه الحركة فان أنكماش الاطوال سيتبعه أنكماش النقاط كذلك



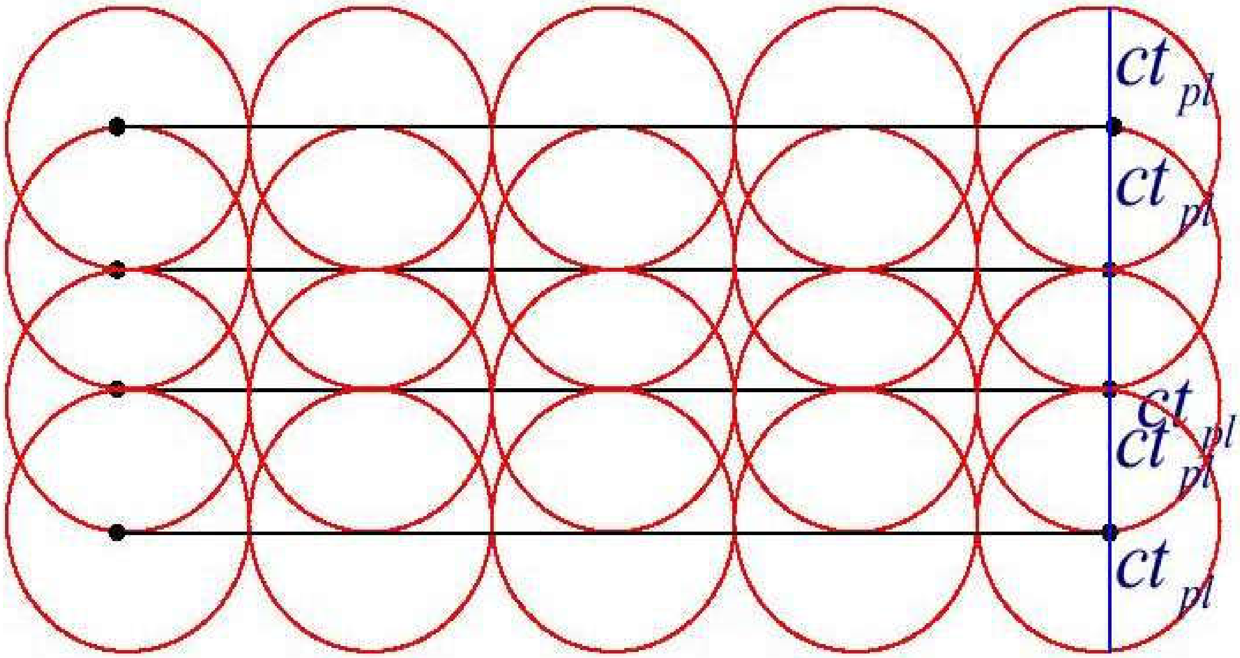
الأطوال تتكمش فى إتجاه الحركة



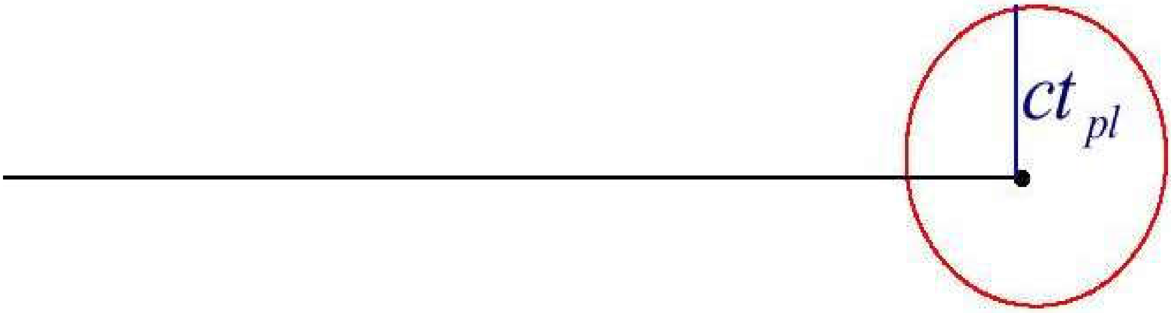
ولكنها لا تنكمش فى الاتجاه العمودى على الحركة
وهو الذى يكون النقطة عند لحظة البداية
وهى ليست عند الزمن صفر

فلا يوجد زمن صفر فى الفيزياء واقل زمن تبعا لنظرية الكم هو زمن بلانك t_{pl}

الفضاء الذى يشكله جسم يتحرك بسرعة v اذا قيس ساكنا بالنسبة لملاحظ يتحرك معه

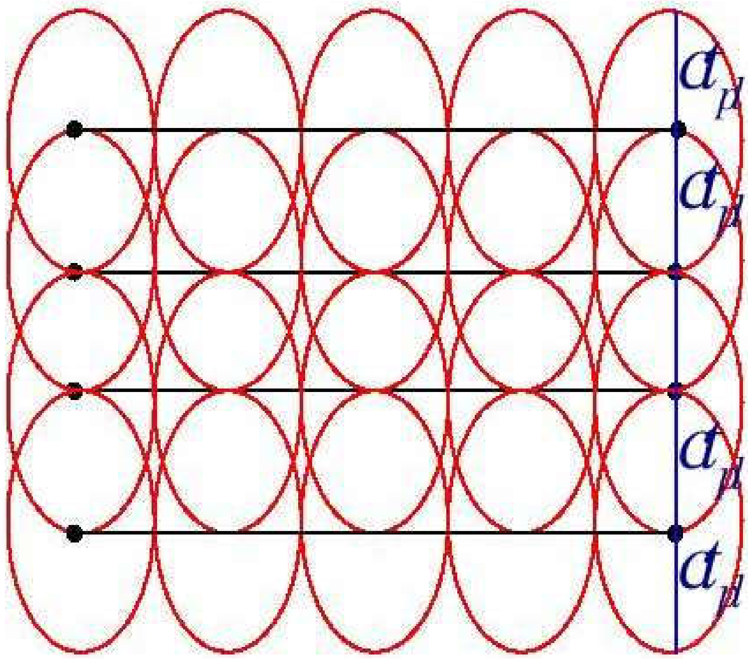


و على ذلك فإن النقطة التى يتألف منها المسار يكون طول نصف قطرها هو طول بلانك

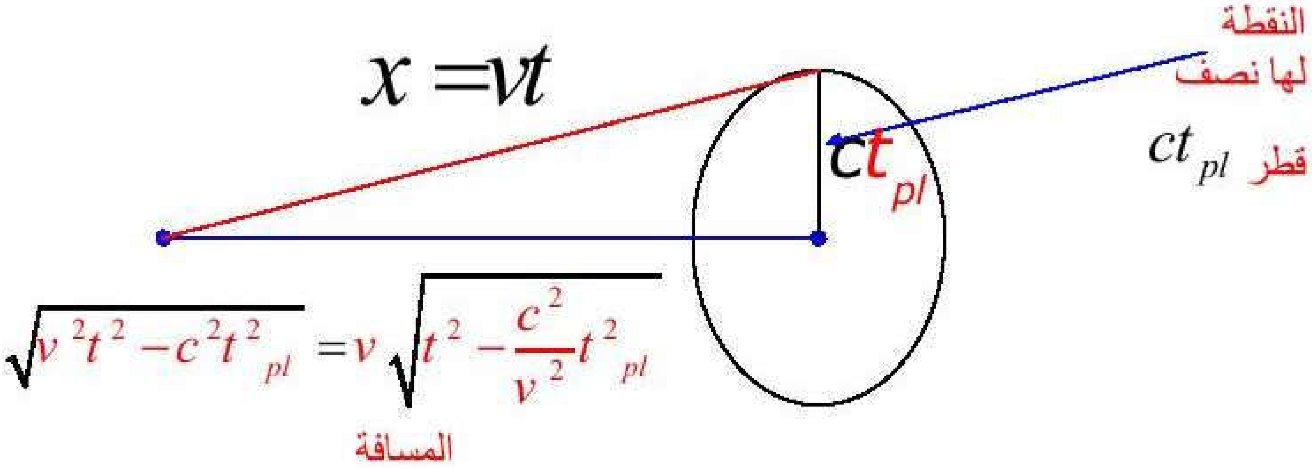


عندما يتحرك الجسم بسرعة نسبية v فإنه ينكمش فى إتجاه الحركة

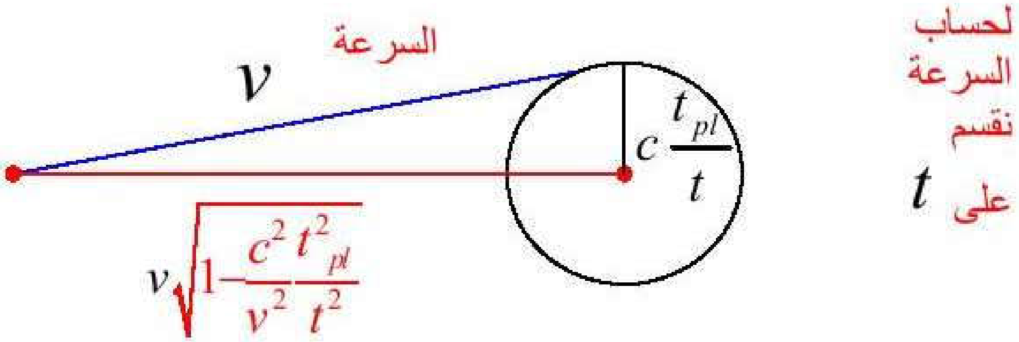
إتجاه الحركة



و على ذلك فإن المسافة التى كنا نعتقدها ليست هى المسافة الحقيقية الى مركز النقطة او الكرة ولكنها تمثل (كما بالشكل)



وبالتالى يمكن حساب المسافة الجديدة بواسطة نظرية فيثاغورس
وبقسمتها على الزمن نحصل على قيمة السرعة الجديدة



فروض نظرية الثوابت:

وقبل الولوج الى التفصيل الرياضياتى نذكر الفروض التى بنيت عليها نظرية الثوابت

الفرض الأول :

وهو نفس الفرض الأول للنظرية النسبية الخاصة لالبرت اينشتاين وهو:
قوانين الكون واحدة بالنسبة للإطارات التى تتحرك بالنسبة لبعضها البعض بسرعة منتظمة (إطارات القصور الذاتى)

الفرض الثانى :

ستتوقع اننا اخذنا الفرض الثانى لنظرية النسبية الخاصة لالبرت اينشتاين وهو أن سرعة الضوء ثابتة فى الفراغ فى الواقع لم يحدث هذا وتم إدراج سرعة الضوء متغيرة فى المعادلات والتى اثبتت ان سرعة الضوء ثابتة فى الفراغ و بالأحرى مقياس سرعة الضوء لا يتغير من إطار الى أخر بغض النظر عن اتجاه الحركة مع أو ضد هذا الاثبات بالمعادلات هو أفضل من الفرض فى انه مثبت بالمعادلات من ناحية وأخرى أنه يفسر ثبات سرعة الضوء على الرغم من تغير اتجاه حركة الضوء لان الثابت هو مربع سرعة الضوء فى اى إطار وليس سرعة الضوء وبالتالى مقياس سرعة الضوء

و الفرض الثانى لنظرية الثوابت هو أن سرعة الضوء مختلفة خلال الأبعاد كالاتى:

سرعة الضوء خلال بعد الزمن ict هى : c

سرعة الضوء خلال بعد الكتلة $i_2 \frac{G}{c_M{}^2} M$ هى : c_M

سرعة الضوء خلال بعد الشحنة $i_3 \frac{\sqrt{k_e G}}{c_q{}^2} q$ هى : c_q

سرعة الضوء

التفصيل الرياضياتى

مربع عنصر الطول لا تغيرى تحت تحويلات لورنتز _ أينشتاين

$$x^2+y^2+z^2-c^2t^2-\frac{G^2}{c_M^{\,4}}M^2-\frac{k_eG}{c_q^{\,4}}q^2-\frac{G^2k_B^{\,2}}{c_T^{\,8}}T^2$$

$$-\frac{\hbar G N_A^{\,2}}{c_{mol}^{\,3}}mol^2-\frac{\hbar G}{c_{rad}^{\,3}}\left(\frac{180}{\pi}\right)^2-\frac{\hbar G}{c_{sr}^{\,3}}(sr)^2-\frac{\hbar G}{c_{cd}^{\,3}I_{vpl}^{\,2}}cd^2=$$

$$x'^2+y'^2+z'^2-c'^2t'^2-\frac{G'^2}{c_M'^{\,4}}M'^2-\frac{k_e'G'}{c_q'^{\,4}}q'^2-\frac{G'^2k_B'^{\,2}}{c_T'^{\,8}}T'^2$$

$$-\frac{\hbar' G' N_A'^{\,2}}{c_{mol}'^{\,3}}mol'^2-\frac{\hbar' G}{c_{rad}'^{\,3}}\left(\frac{180}{\pi'}\right)^2-\frac{\hbar' G'}{c_{sr}'^{\,3}}sr'^2-\frac{\hbar' G'}{c_{cd}'^{\,3}I_{vpl}'^{\,2}}cd'^2$$

وتفترض النسبية أن الأطوال لا تتغير فى الإتجاهات العمودية على الحركة ومنها:

$$x^2 - c^2t^2 - \frac{G^2}{c_M{}^4}M^2 - \frac{k_eG}{c_q{}^4}q^2 - \frac{G^2k_B{}^2}{c_T{}^8}T^2$$
$$-\frac{\hbar GN_A{}^2}{c_{mol}{}^3}mol^2 - \frac{\hbar G}{c_{rad}{}^3}(\frac{180}{\pi})^2 - \frac{\hbar G}{c_{sr}{}^3}(sr)^2 - \frac{\hbar G}{c_{cd}{}^3I^2{}_{vpl}}cd^2 =$$
$$x'^2 - c'^2t'^2 - \frac{G'^2}{c'_M{}^4}M'^2 - \frac{k'_eG'}{c'_q{}^4}q'^2 - \frac{G'^2k'_B{}^2}{c'_T{}^8}T'^2$$
$$-\frac{\hbar'G'N'_A{}^2}{c'_{mol}{}^3}mol'^2 - \frac{\hbar'G}{c'_{rad}{}^3}(\frac{180}{\pi'})^2 - \frac{\hbar'G'}{c'_{sr}{}^3}sr'^2 - \frac{\hbar'G'}{c'_{cd}{}^3I'^2_{vpl}}cd'^2$$

و بكتابة التحويلات فى صورة خطية كالآتى:

$$t' = G_{41}x + G_{44}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$
$$M' = G_{51}x + G_{54}t + G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd$$
$$q' = G_{61}x + G_{64}t + G_{65}M + G_{66}q + G_{67}T + G_{68}mol + G_{69}\frac{180}{\pi} + G_{610}sr + G_{611}cd$$
$$T' = G_{71}x + G_{74}t + G_{75}M + G_{76}q + G_{77}T + G_{78}mol + G_{79}\frac{180}{\pi} + G_{710}sr + G_{711}cd$$

$$mol' = G_{81}x + G_{84}t + G_{85}M + G_{86}q + G_{87}T + G_{88}mol + G_{89}\frac{180}{\pi} + G_{810}sr + G_{811}cd$$

$$\frac{180}{\pi'} = G_{91}x + G_{94}t + G_{95}M + G_{96}q + G_{97}T + G_{98}mol + G_{99}\frac{180}{\pi} + G_{910}sr + G_{911}cd$$

$$sr' = G_{101}x + G_{104}t + G_{105}M + G_{106}q + G_{107}T + G_{108}mol + G_{109}\frac{180}{\pi} + G_{1010}sr + G_{1011}cd$$

$$cd' = G_{111}x + G_{114}t + G_{115}M + G_{116}q + G_{117}T + G_{118}mol + G_{119}\frac{180}{\pi} + G_{1110}sr + G_{1111}cd$$

$$let$$

$$x'=0$$

$$0=G_{11}x+G_{14}t+G_{15}M+G_{16}q+G_{17}T+G_{18}mol+G_{19}\frac{180}{\pi}+G_{110}sr+G_{111}cd$$

بالقسمة على t

$$0=G_{11}\frac{x}{t}+G_{14}\frac{t}{t}+G_{15}\frac{M}{t}+G_{16}\frac{q}{t}+G_{17}\frac{T}{t}+G_{18}\frac{mol}{t}+G_{19}\frac{180}{t\pi}+G_{110}\frac{sr}{t}+G_{111}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض بقيمة السرعة حسب تعريف النقطة الجديد فى نظرية الثوابت

$$\frac{x}{t}=v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}$$

$$0=G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}+G_{14}\frac{t}{t}+G_{15}\frac{M}{t}$$

$$+G_{16}\frac{q}{t}+G_{17}\frac{T}{t}+G_{18}\frac{mol}{t}+G_{19}\frac{180}{t\pi}+G_{110}\frac{sr}{t}+G_{111}\frac{cd}{t}$$

ومنها نستنتج قيمة G_{14}

$$G_{14} = -G_{11} v \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2_{pl}}{t^2}} - G_{15} \frac{M}{t}$$
$$- G_{16} \frac{q}{t} - G_{17} \frac{T}{t} - G_{18} \frac{mol}{t} - G_{19} \frac{180}{t\pi} - G_{110} \frac{sr}{t} - G_{111} \frac{cd}{t}$$

$$let$$
$$x = 0$$

$$\frac{x'}{t'} =$$
$$\frac{G_{14} t + G_{15} M + G_{16} q + G_{17} T + G_{18} mol + G_{19} \frac{180}{\pi} + G_{110} sr + G_{111} cd}{G_{44} t + G_{45} M + G_{46} q + G_{47} T + G_{48} mol + G_{49} \frac{180}{\pi} + G_{410} sr + G_{411} cd}$$

بقسمة البسط و المقام على t

$$\frac{x'}{t'}=$$

$$\frac{G_{14}\frac{t}{t}+G_{15}\frac{M}{t}+G_{16}\frac{q}{t}+G_{17}\frac{T}{t}+G_{18}\frac{mol}{t}+G_{19}\frac{180}{t\pi}+G_{110}\frac{sr}{t}+G_{111}\frac{cd}{t}}{G_{44}\frac{t}{t}+G_{45}\frac{M}{t}+G_{46}\frac{q}{t}+G_{47}\frac{T}{t}+G_{48}\frac{mol}{t}+G_{49}\frac{180}{t\pi}+G_{410}\frac{sr}{t}+G_{411}\frac{cd}{t}}$$

وبوضع $\frac{x'}{t'}=-v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}$

$$-v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}=$$

$$\frac{G_{14}+G_{15}\frac{M}{t}+G_{16}\frac{q}{t}+G_{17}\frac{T}{t}+G_{18}\frac{mol}{t}+G_{19}\frac{180}{t\pi}+G_{110}\frac{sr}{t}+G_{111}\frac{cd}{t}}{G_{44}+G_{45}\frac{M}{t}+G_{46}\frac{q}{t}+G_{47}\frac{T}{t}+G_{48}\frac{mol}{t}+G_{49}\frac{180}{t\pi}+G_{410}\frac{sr}{t}+G_{411}\frac{cd}{t}}$$

وبالتعويض عن G_{14} من المعادلة:

$$G_{14}=-G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}-G_{15}\frac{M}{t}$$
$$-G_{16}\frac{q}{t}-G_{17}\frac{T}{t}-G_{18}\frac{mol}{t}-G_{19}\frac{180}{t\pi}-G_{110}\frac{sr}{t}-G_{111}\frac{cd}{t}$$

وبالتالى فإن البسط يصبح:

$$-G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}-G_{15}\frac{M}{t}-G_{16}\frac{q}{t}-G_{17}\frac{T}{t}-G_{18}\frac{mol}{t}-G_{19}\frac{180}{t\pi}$$

$$-G_{110}\frac{sr}{t}-G_{111}\frac{cd}{t}+G_{15}\frac{M}{t}+G_{16}\frac{q}{t}+$$

$$G_{17}\frac{T}{t}+G_{18}\frac{mol}{t}+G_{19}\frac{180}{t\pi}+G_{110}\frac{sr}{t}+G_{111}\frac{cd}{t}$$

اى ان البسط يختصر الى: $-G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}$

فتصبح المعادلة بعد الاختصار:

$$-v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}=$$

$$\frac{-G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}}{G_{44}+G_{45}\frac{M}{t}+G_{46}\frac{q}{t}+G_{47}\frac{T}{t}+G_{48}\frac{mol}{t}+G_{49}\frac{180}{t\pi}+G_{410}\frac{sr}{t}+G_{411}\frac{cd}{t}}$$

وبإختصار $-v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}}$ من الطرفين تصبح المعادلة:

$$1=\frac{G_{11}}{G_{44}+G_{45}\frac{M}{t}+G_{46}\frac{q}{t}+G_{47}\frac{T}{t}+G_{48}\frac{mol}{t}+G_{49}\frac{180}{t\pi}+G_{410}\frac{sr}{t}+G_{411}\frac{cd}{t}}$$

وينتج منها أن:

$$G_{11}=G_{44}+G_{45}\frac{M}{t}+G_{46}\frac{q}{t}+G_{47}\frac{T}{t}+G_{48}\frac{mol}{t}+G_{49}\frac{180}{t\pi}+G_{410}\frac{sr}{t}+G_{411}\frac{cd}{t}$$

ونوجد منها G_{44}

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{M'}{t'}=\frac{G_{54}t+G_{55}M+G_{56}q+G_{57}T+G_{58}mol+G_{59}\frac{180}{\pi}+G_{510}sr+G_{511}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44} = G_{11} - G_{45}\frac{M}{t} - G_{46}\frac{q}{t} - G_{47}\frac{T}{t} - G_{48}\frac{mol}{t} - G_{49}\frac{180}{t\pi} - G_{410}\frac{sr}{t} - G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\frac{M'}{t'} = \frac{M}{t}$

$$\frac{M'}{t'} = \frac{G_{54}t + G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd}{G_{44}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd}$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t - G_{45}\frac{M}{t}t - G_{46}\frac{q}{t}t - G_{47}\frac{T}{t}t - G_{48}\frac{mol}{t}t - G_{49}\frac{180}{t\pi}t$$

$$-G_{410}\frac{sr}{t}t - G_{411}\frac{cd}{t}t$$

$$+G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

الذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

اى ان:

$$\frac{M}{t}=\frac{G_{54}t+G_{55}M+G_{56}q+G_{57}T+G_{58}mol+G_{59}\frac{180}{\pi}+G_{510}sr+G_{511}cd}{G_{11}t}$$

وبقسمة البسط و المقام على t

$$\frac{M}{t}=\frac{G_{54}\frac{t}{t}+G_{55}\frac{M}{t}+G_{56}\frac{q}{t}+G_{57}\frac{T}{t}+G_{58}\frac{mol}{t}+G_{59}\frac{180}{t\pi}+G_{510}\frac{sr}{t}+G_{511}\frac{cd}{t}}{G_{11}\frac{t}{t}}$$

اى أن:

$$\frac{M}{t}=\frac{G_{54}+G_{55}\frac{M}{t}+G_{56}\frac{q}{t}+G_{57}\frac{T}{t}+G_{58}\frac{mol}{t}+G_{59}\frac{180}{t\pi}+G_{510}\frac{sr}{t}+G_{511}\frac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{M}{t}=G_{54}+G_{55}\frac{M}{t}+G_{56}\frac{q}{t}+G_{57}\frac{T}{t}+G_{58}\frac{mol}{t}+G_{59}\frac{180}{t\pi}+G_{510}\frac{sr}{t}+G_{511}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{54}

$$G_{54}=G_{11}\frac{M}{t}-G_{55}\frac{M}{t}-G_{56}\frac{q}{t}-G_{57}\frac{T}{t}-G_{58}\frac{mol}{t}-G_{59}\frac{180}{t\pi}-G_{510}\frac{sr}{t}-G_{511}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{q'}{t'}=\frac{G_{64}t+G_{65}M+G_{66}q+G_{67}T+G_{68}mol+G_{69}\frac{180}{\pi}+G_{610}sr+G_{611}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\frac{q'}{t'}=\frac{q}{t}$

$$\frac{q'}{t'}=\frac{G_{64}t+G_{65}M+G_{66}q+G_{67}T+G_{68}mol+G_{69}\frac{180}{\pi}+G_{610}sr+G_{611}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t - G_{45}\frac{M}{t}t - G_{46}\frac{q}{t}t - G_{47}\frac{T}{t}t - G_{48}\frac{mol}{t}t - G_{49}\frac{180}{t\pi}t - G_{410}\frac{sr}{t}t - G_{411}\frac{cd}{t}t$$

$$+G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

الذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

اى ان:

$$\frac{q}{t} = \frac{G_{64}t + G_{65}M + G_{66}q + G_{67}T + G_{68}mol + G_{69}\frac{180}{\pi} + G_{610}sr + G_{611}cd}{G_{11}t}$$

وبقسمة البسط والمقام على t

$$\frac{q}{t} = \frac{G_{64}\frac{t}{t} + G_{65}\frac{M}{t} + G_{66}\frac{q}{t} + G_{67}\frac{T}{t} + G_{68}\frac{mol}{t} + G_{69}\frac{180}{t\pi} + G_{610}\frac{sr}{t} + G_{611}\frac{cd}{t}}{G_{11}\frac{t}{t}}$$

اى أن:

$$\frac{q}{t} = \frac{G_{64} + G_{65}\frac{M}{t} + G_{66}\frac{q}{t} + G_{67}\frac{T}{t} + G_{68}\frac{mol}{t} + G_{69}\frac{180}{t\pi} + G_{610}\frac{sr}{t} + G_{611}\frac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{q}{t}$$

$$=G_{64}+G_{65}\frac{M}{t}+G_{66}\frac{q}{t}+G_{67}\frac{T}{t}+G_{68}\frac{mol}{t}+G_{69}\frac{180}{t\pi}+G_{610}\frac{sr}{t}+G_{611}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{64}

$$G_{64}=G_{11}\frac{q}{t}-G_{65}\frac{M}{t}-G_{66}\frac{q}{t}-G_{67}\frac{T}{t}-G_{68}\frac{mol}{t}-G_{69}\frac{180}{t\pi}-G_{610}\frac{sr}{t}-G_{611}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{T'}{t'}=\frac{G_{74}t+G_{75}M+G_{76}q+G_{77}T+G_{78}mol+G_{79}\frac{180}{\pi}+G_{710}sr+G_{711}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\frac{T'}{t'}=\frac{T}{t}$

$$\frac{T'}{t'}=\frac{G_{74}t+G_{75}M+G_{76}q+G_{77}T+G_{78}mol+G_{79}\frac{180}{\pi}+G_{710}sr+G_{711}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t - G_{45}\frac{M}{t}t - G_{46}\frac{q}{t}t - G_{47}\frac{T}{t}t - G_{48}\frac{mol}{t}t - G_{49}\frac{180}{t\pi}t - G_{410}\frac{sr}{t}t - G_{411}\frac{cd}{t}t$$

ال

$$+G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

ذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t - G_{45}\frac{M}{t}t - G_{46}\frac{q}{t}t - G_{47}\frac{T}{t}t - G_{48}\frac{mol}{t}t - G_{49}\frac{180}{t\pi}t - G_{410}\frac{sr}{t}t - G_{411}\frac{cd}{t}t$$

ال

$$+G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

ذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

اى ان:

$$\frac{T}{t}=\frac{G_{74}t+G_{75}M+G_{76}q+G_{77}T+G_{78}mol+G_{79}\dfrac{180}{\pi}+G_{710}sr+G_{711}cd}{G_{11}t}$$

وبقسمة البسط والمقام على t

$$\frac{T}{t}=\frac{G_{74}\dfrac{t}{t}+G_{75}\dfrac{M}{t}+G_{76}\dfrac{q}{t}+G_{77}\dfrac{T}{t}+G_{78}\dfrac{mol}{t}+G_{79}\dfrac{180}{t\pi}+G_{710}\dfrac{sr}{t}+G_{711}\dfrac{cd}{t}}{G_{11}\dfrac{t}{t}}$$

اى أن:

$$\frac{T}{t}=\frac{G_{74}+G_{75}\dfrac{M}{t}+G_{76}\dfrac{q}{t}+G_{77}\dfrac{T}{t}+G_{78}\dfrac{mol}{t}+G_{79}\dfrac{180}{t\pi}+G_{710}\dfrac{sr}{t}+G_{711}\dfrac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{T}{t}=G_{74}+G_{75}\frac{M}{t}+G_{76}\frac{q}{t}+G_{77}\frac{T}{t}+G_{78}\frac{mol}{t}+G_{79}\frac{180}{t\pi}+G_{710}\frac{sr}{t}+G_{711}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{74}

$$G_{74}=G_{11}\frac{T}{t}-G_{75}\frac{M}{t}-G_{76}\frac{q}{t}-G_{77}\frac{T}{t}-G_{78}\frac{mol}{t}-G_{79}\frac{180}{t\pi}-G_{710}\frac{sr}{t}-G_{711}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{mol'}{t'}=\frac{G_{84}t+G_{85}M+G_{86}q+G_{87}T+G_{88}mol+G_{89}\dfrac{180}{\pi}+G_{810}sr+G_{811}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\dfrac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\frac{mol'}{t'}=\frac{mol}{t}$

$$\frac{mol'}{t'}=\frac{G_{84}t+G_{85}M+G_{86}q+G_{87}T+G_{88}mol+G_{89}\dfrac{180}{\pi}+G_{810}sr+G_{811}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\dfrac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t - G_{45}\frac{M}{t}t - G_{46}\frac{q}{t}t - G_{47}\frac{T}{t}t - G_{48}\frac{mol}{t}t - G_{49}\frac{180}{t\pi}t - G_{410}\frac{sr}{t}t - G_{411}\frac{cd}{t}t$$
$$+G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

الذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

اى ان:

$$\frac{mol}{t} = \frac{G_{84}t + G_{85}M + G_{86}q + G_{87}T + G_{88}mol + G_{89}\frac{180}{\pi} + G_{810}sr + G_{811}cd}{G_{11}t}$$

وبقسمة البسط و المقام على t

$$\frac{mol}{t} = \frac{G_{84}\frac{t}{t} + G_{85}\frac{M}{t} + G_{86}\frac{q}{t} + G_{87}\frac{T}{t} + G_{88}\frac{mol}{t} + G_{89}\frac{180}{t\pi} + G_{810}\frac{sr}{t} + G_{811}\frac{cd}{t}}{G_{11}\frac{t}{t}}$$

اى أن:

$$\frac{mol}{t}=\frac{G_{84}+G_{85}\frac{M}{t}+G_{86}\frac{q}{t}+G_{87}\frac{T}{t}+G_{88}\frac{mol}{t}+G_{89}\frac{180}{t\pi}+G_{810}\frac{sr}{t}+G_{811}\frac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{mol}{t}=G_{84}+G_{85}\frac{M}{t}+G_{86}\frac{q}{t}+G_{87}\frac{T}{t}+G_{88}\frac{mol}{t}+G_{89}\frac{180}{t\pi}+G_{810}\frac{sr}{t}+G_{811}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{84}

$$G_{84}=G_{11}\frac{mol}{t}-G_{85}\frac{M}{t}-G_{86}\frac{q}{t}-G_{87}\frac{T}{t}-G_{88}\frac{mol}{t}-G_{89}\frac{180}{t\pi}-G_{810}\frac{sr}{t}-G_{811}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{180}{\pi't'}=\frac{G_{94}t+G_{95}M+G_{96}q+G_{97}T+G_{98}mol+G_{99}\frac{180}{\pi}+G_{910}sr+G_{911}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\frac{180}{\pi't'}=\frac{180}{\pi t}$

اى أن:

$$\frac{180}{\pi t}=\frac{G_{94}+G_{95}\frac{M}{t}+G_{96}\frac{q}{t}+G_{97}\frac{T}{t}+G_{98}\frac{mol}{t}+G_{99}\frac{180}{t\pi}+G_{910}\frac{sr}{t}+G_{911}\frac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{180}{\pi t}=G_{94}+G_{95}\frac{M}{t}+G_{96}\frac{q}{t}+G_{97}\frac{T}{t}+G_{98}\frac{mol}{t}+G_{99}\frac{180}{t\pi}+G_{910}\frac{sr}{t}+G_{911}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{94}

$$G_{94}=G_{11}\frac{180}{\pi t}-G_{95}\frac{M}{t}-G_{96}\frac{q}{t}-G_{97}\frac{T}{t}-G_{98}\frac{mol}{t}-G_{99}\frac{180}{t\pi}-G_{910}\frac{sr}{t}-G_{911}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{sr'}{t'}=\frac{G_{104}t+G_{105}M+G_{106}q+G_{107}T+G_{108}mol+G_{109}\frac{180}{\pi}+G_{1010}sr+G_{1011}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\dfrac{sr'}{t'}=\dfrac{sr}{t}$

$$\frac{sr'}{t'}=\frac{G_{104}t+G_{105}M+G_{106}q+G_{107}T+G_{108}mol+G_{109}\dfrac{180}{\pi}+G_{1010}sr+G_{1011}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\dfrac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t-G_{45}\frac{M}{t}t-G_{46}\frac{q}{t}t-G_{47}\frac{T}{t}t-G_{48}\frac{mol}{t}t-G_{49}\frac{180}{t\pi}t-G_{410}\frac{sr}{t}t-G_{411}\frac{cd}{t}t$$

ال

$$+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd$$

ذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

اى ان:

$$\frac{sr}{t}=\frac{G_{104}t+G_{105}M+G_{106}q+G_{107}T+G_{108}mol+G_{109}\dfrac{180}{\pi}+G_{1010}sr+G_{1011}cd}{G_{11}t}$$

وبقسمة البسط والمقام على t

$$\frac{sr}{t}=\frac{G_{104}\frac{t}{t}+G_{105}\frac{M}{t}+G_{106}\frac{q}{t}+G_{107}\frac{T}{t}+G_{108}\frac{mol}{t}+G_{109}\frac{180}{t\pi}+G_{1010}\frac{sr}{t}+G_{1011}\frac{cd}{t}}{G_{11}\frac{t}{t}}$$

اى أن:

$$\frac{sr}{t}=\frac{G_{104}+G_{105}\frac{M}{t}+G_{106}\frac{q}{t}+G_{107}\frac{T}{t}+G_{108}\frac{mol}{t}+G_{109}\frac{180}{t\pi}+G_{1010}\frac{sr}{t}+G_{1011}\frac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{sr}{t}=G_{104}+G_{105}\frac{M}{t}+G_{106}\frac{q}{t}+G_{107}\frac{T}{t}+G_{108}\frac{mol}{t}+G_{109}\frac{180}{t\pi}+G_{1010}\frac{sr}{t}+G_{1011}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{104}

$$G_{104}=G_{11}\frac{sr}{t}-G_{105}\frac{M}{t}-G_{106}\frac{q}{t}-G_{107}\frac{T}{t}-G_{108}\frac{mol}{t}-G_{109}\frac{180}{t\pi}-G_{1010}\frac{sr}{t}-G_{1011}\frac{cd}{t}$$

$$\frac{cd'}{t'}=\frac{G_{114}t+G_{115}M+G_{116}q+G_{117}T+G_{118}mol+G_{119}\frac{180}{\pi}+G_{1110}sr+G_{1111}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

وبالتعويض عن G_{44} من المعادلة:

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

وبالتعويض عن $\frac{cd}{t'}=\frac{cd}{t}$

$$\frac{cd'}{t'}=\frac{G_{114}t+G_{115}M+G_{116}q+G_{117}T+G_{118}mol+G_{119}\frac{180}{\pi}+G_{1110}sr+G_{1111}cd}{G_{44}t+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd}$$

فيصبح المقام:

$$G_{11}t-G_{45}\frac{M}{t}t-G_{46}\frac{q}{t}t-G_{47}\frac{T}{t}t-G_{48}\frac{mol}{t}t-G_{49}\frac{180}{t\pi}t-G_{410}\frac{sr}{t}t-G_{411}\frac{cd}{t}t$$

$$+G_{45}M+G_{46}q+G_{47}T+G_{48}mol+G_{49}\frac{180}{\pi}+G_{410}sr+G_{411}cd$$

الذى يصبح بعد الاختصار:

$$G_{11}t$$

اى ان:

$$\frac{cd}{t}=\frac{G_{114}t+G_{115}M+G_{116}q+G_{117}T+G_{118}mol+G_{119}\frac{180}{\pi}+G_{1110}sr+G_{1111}cd}{G_{11}t}$$

وبقسمة البسط والمقام على t

$$\frac{cd}{t}=\frac{G_{114}\frac{t}{t}+G_{115}\frac{M}{t}+G_{116}\frac{q}{t}+G_{117}\frac{T}{t}+G_{118}\frac{mol}{t}+G_{119}\frac{180}{t\pi}+G_{1110}\frac{sr}{t}+G_{1111}\frac{cd}{t}}{G_{11}\frac{t}{t}}$$

اى أن:

$$\frac{cd}{t}=\frac{G_{114}+G_{115}\frac{M}{t}+G_{116}\frac{q}{t}+G_{117}\frac{T}{t}+G_{118}\frac{mol}{t}+G_{119}\frac{180}{t\pi}+G_{1110}\frac{sr}{t}+G_{1111}\frac{cd}{t}}{G_{11}}$$

ومنها

$$G_{11}\frac{cd}{t}=G_{114}+G_{115}\frac{M}{t}+G_{116}\frac{q}{t}+G_{117}\frac{T}{t}+G_{118}\frac{mol}{t}+G_{119}\frac{180}{t\pi}+G_{1110}\frac{sr}{t}+G_{1111}\frac{cd}{t}$$

ومنها نوجد G_{114}

$$G_{114}=G_{11}\frac{cd}{t}-G_{115}\frac{M}{t}-G_{116}\frac{q}{t}-G_{117}\frac{T}{t}-G_{118}\frac{mol}{t}-G_{119}\frac{180}{t\pi}-G_{1110}\frac{sr}{t}-G_{1111}\frac{cd}{t}$$

وبالتالى فإن
معادلات الثوابت المستخدمة فى المعادلات الخطية

$$G_{14}, G_{44}, G_{54}, G_{64}, G_{74}, G_{84}, G_{94}, G_{104}, G_{114}$$

قد تم إستنتاجها كالاتى :
(مع التعويض فى
المعادلات)

$$x', t', M', q', T', mol', cd', (\frac{180}{\pi})', sr'$$

معادلات الثوابت المستخدمة فى المعادلات الخطية

$$G_{14} = -G_{11} v \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}} - G_{15} \frac{M}{t}$$
$$-G_{16} \frac{q}{t} - G_{17} \frac{T}{t} - G_{18} \frac{mol}{t} - G_{19} \frac{180}{t\pi} - G_{110} \frac{sr}{t} - G_{111} \frac{cd}{t}$$

$$G_{44}=G_{11}-G_{45}\frac{M}{t}-G_{46}\frac{q}{t}-G_{47}\frac{T}{t}-G_{48}\frac{mol}{t}-G_{49}\frac{180}{t\pi}-G_{410}\frac{sr}{t}-G_{411}\frac{cd}{t}$$

$$G_{54}=G_{11}\frac{M}{t}-G_{55}\frac{M}{t}-G_{56}\frac{q}{t}-G_{57}\frac{T}{t}-G_{58}\frac{mol}{t}-G_{59}\frac{180}{t\pi}-G_{510}\frac{sr}{t}-G_{511}\frac{cd}{t}$$

$$G_{64}=G_{11}\frac{q}{t}-G_{65}\frac{M}{t}-G_{66}\frac{q}{t}-G_{67}\frac{T}{t}-G_{68}\frac{mol}{t}-G_{69}\frac{180}{t\pi}-G_{610}\frac{sr}{t}-G_{611}\frac{cd}{t}$$

$$G_{74}=G_{11}\frac{T}{t}-G_{75}\frac{M}{t}-G_{76}\frac{q}{t}-G_{77}\frac{T}{t}-G_{78}\frac{mol}{t}-G_{79}\frac{180}{t\pi}-G_{710}\frac{sr}{t}-G_{711}\frac{cd}{t}$$

$$G_{84}=G_{11}\frac{mol}{t}-G_{85}\frac{M}{t}-G_{86}\frac{q}{t}-G_{87}\frac{T}{t}-G_{88}\frac{mol}{t}-G_{89}\frac{180}{t\pi}-G_{810}\frac{sr}{t}-G_{811}\frac{cd}{t}$$

$$G_{94}=G_{11}\frac{1}{\pi t}-G_{95}\frac{M}{t}-G_{96}\frac{q}{t}-G_{97}\frac{T}{t}-G_{98}\frac{mol}{t}-G_{99}\frac{180}{t\pi}-G_{910}\frac{sr}{t}-G_{911}\frac{cd}{t}$$

$$G_{104}=G_{11}\frac{sr}{t}-G_{105}\frac{M}{t}-G_{106}\frac{q}{t}-G_{107}\frac{T}{t}-G_{108}\frac{mol}{t}-G_{109}\frac{180}{t\pi}-G_{1010}\frac{sr}{t}-G_{1011}\frac{cd}{t}$$

$$G_{114}=G_{11}\frac{cd}{t}-G_{115}\frac{M}{t}-G_{116}\frac{q}{t}-G_{117}\frac{T}{t}-G_{118}\frac{mol}{t}-G_{119}\frac{180}{t\pi}-G_{1110}\frac{sr}{t}-G_{1111}\frac{cd}{t}$$

نعوض بها فى المعادلات :

$$x' = G_{11}x + G_{14}t + G_{15}M + G_{16}q + G_{17}T + G_{18}mol + G_{19}\frac{180}{\pi} + G_{110}sr + G_{111}cd$$

$$t' = G_{41}x + G_{44}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

$$M' = G_{51}x + G_{54}t + G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd$$

$$q' = G_{61}x + G_{64}t + G_{65}M + G_{66}q + G_{67}T + G_{68}mol + G_{69}\frac{180}{\pi} + G_{610}sr + G_{611}cd$$

$$T' = G_{71}x + G_{74}t + G_{75}M + G_{76}q + G_{77}T + G_{78}mol + G_{79}\frac{180}{\pi} + G_{710}sr + G_{711}cd$$

$$mol' = G_{81}x + G_{84}t + G_{85}M + G_{86}q + G_{87}T + G_{88}mol + G_{89}\frac{180}{\pi} + G_{810}sr + G_{811}cd$$

$$\frac{180}{\pi'} = G_{91}x + G_{94}t + G_{95}M + G_{96}q + G_{97}T + G_{98}mol + G_{99}\frac{180}{\pi} + G_{910}sr + G_{911}cd$$

$$sr' = G_{101}x + G_{104}t + G_{105}M + G_{106}q + G_{107}T + G_{108}mol + G_{109}\frac{180}{\pi} + G_{1010}sr + G_{1011}cd$$

$$cd' = G_{111}x + G_{114}t + G_{115}M + G_{116}q + G_{117}T + G_{118}mol + G_{119}\frac{180}{\pi} + G_{1110}sr + G_{1111}cd$$

كالاتى: بالتعويض عن المعادلة :

$$G_{14} = -G_{11} v \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}} - G_{15} \frac{M}{t}$$

$$-G_{16} \frac{q}{t} - G_{17} \frac{T}{t} - G_{18} \frac{mol}{t} - G_{19} \frac{180}{t\pi} - G_{110} \frac{sr}{t} - G_{111} \frac{cd}{t}$$

فى المعادلة:

$$x' = G_{11} x + G_{14} t + G_{15} M + G_{16} q + G_{17} T + G_{18} mol + G_{19} \frac{180}{\pi} + G_{110} sr + G_{111} cd$$

تصبح :

$$x' = G_{11} x + G_{14} t + G_{15} M + G_{16} q + G_{17} T + G_{18} mol + G_{19} \frac{180}{\pi} + G_{110} sr + G_{111} cd$$

$$= G_{11} x - G_{11} v \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}} t - G_{15} \frac{M}{t} t - G_{16} \frac{q}{t} t - G_{17} \frac{T}{t} t - G_{18} \frac{mol}{t} t$$

$$-G_{19} \frac{180}{t\pi} t - G_{110} \frac{sr}{t} t - G_{111} \frac{cd}{t} t + G_{15} M + G_{16} q + G_{17} T + G_{18} mol$$

$$+G_{19} \frac{180}{\pi} + G_{110} sr + G_{111} cd$$

وباختصار t تصبح:

$$x' = G_{11}x - G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}t} - G_{15}M - G_{16}q - G_{17}T - G_{18}mol$$

$$-G_{19}\frac{180}{\pi} - G_{110}t - G_{111}cd + G_{15}M + G_{16}q + G_{17}T + G_{18}mol + G_{19}\frac{180}{\pi} + G_{110}sr + G_{111}cd$$

وباختصار باقى الكميات المتساوية فى المقدار والمختلفة فى الاشارة
تصبح المعادلة على الصورة :

$$x' = G_{11}x - G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}t}$$

أو بالمعادلة:

$$x' = G_{11}(x - v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}t})$$

بالتعويض عن المعادلة :

$$G_{44} = G_{11} - G_{45}\frac{M}{t} - G_{46}\frac{q}{t} - G_{47}\frac{T}{t} - G_{48}\frac{mol}{t} - G_{49}\frac{180}{t\pi} - G_{410}\frac{sr}{t} - G_{411}\frac{cd}{t}$$

فى المعادلة:

$$t' = G_{41}x + G_{44}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

تصبح :

$$t' = G_{41}x + G_{44}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd =$$

$$G_{41}x + G_{11}t - G_{45}\frac{M}{t}t - G_{46}\frac{q}{t}t - G_{47}\frac{T}{t}t - G_{48}\frac{mol}{t}t - G_{49}\frac{180}{t\pi}t$$

$$-G_{410}\frac{sr}{t}t - G_{411}\frac{cd}{t}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

وباختصار t تصبح:

$$t' = G_{41}x + G_{44}t + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd =$$

$$G_{41}x + G_{11}t - G_{45}M - G_{46}q - G_{47}T - G_{48}mol - G_{49}\frac{180}{\pi}$$

$$-G_{410}sr - G_{411}cd + G_{45}M + G_{46}q + G_{47}T + G_{48}mol + G_{49}\frac{180}{\pi} + G_{410}sr + G_{411}cd$$

وباختصار باقى الكميات المتساوية فى المقدار والمختلفة فى الاشارة تصبح المعادلة على الصورة :

$$t' = G_{41}x + G_{11}t$$

بالتعويض عن المعادلة :

$$G_{54} = G_{11}\frac{M}{t} - G_{55}\frac{M}{t} - G_{56}\frac{q}{t} - G_{57}\frac{T}{t} - G_{58}\frac{mol}{t} - G_{59}\frac{180}{t\pi} - G_{510}\frac{sr}{t} - G_{511}\frac{cd}{t}$$

فى المعادلة:

$$M' = G_{51}x + G_{54}t + G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd$$

تصبح:

$$M' = G_{51}x + G_{54}t + G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd =$$

$$G_{51}x + G_{11}\frac{M}{t} - G_{55}\frac{M}{t}t - G_{56}\frac{q}{t}t - G_{57}\frac{T}{t}t - G_{58}\frac{mol}{t}t - G_{59}\frac{180}{t\pi}t$$

$$-G_{510}\frac{sr}{t}t - G_{511}\frac{cd}{t}t + G_{55}M + G_{56}q$$

$$+G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd$$

وباختصار t تصبح:

$$M' = G_{51}x + G_{54}t + G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd =$$

$$G_{51}x + G_{11}M - G_{55}M - G_{56}q - G_{57}T - G_{58}mol - G_{59}\frac{180}{\pi} - G_{510}sr - G_{511}cd$$

$$+ G_{55}M + G_{56}q + G_{57}T + G_{58}mol + G_{59}\frac{180}{\pi} + G_{510}sr + G_{511}cd$$

وباختصار باقى الكميات المتساوية فى المقدار والمختلفة فى الاشارة
تصبح المعادلة على الصورة :

$$M' = G_{51}x + G_{11}M$$

بالتعويض عن المعادلة :

$$G_{64} = G_{11}\frac{q}{t} - G_{65}\frac{M}{t} - G_{66}\frac{q}{t} - G_{67}\frac{T}{t} - G_{68}\frac{mol}{t} - G_{69}\frac{180}{t\pi} - G_{610}\frac{sr}{t} - G_{611}\frac{cd}{t}$$

فى المعادلة:

$$q' = G_{61}x + G_{64}t + G_{65}M + G_{66}q + G_{67}T + G_{68}mol + G_{69}\frac{180}{\pi} + G_{610}sr + G_{611}cd$$

تصبح:

$$q' = G_{61}x + G_{11}\frac{q}{t}t - G_{65}\frac{M}{t}t - G_{66}\frac{q}{t}t - G_{67}\frac{T}{t}t - G_{68}\frac{mol}{t}t - G_{69}\frac{180}{t\pi}t$$
$$-G_{610}\frac{sr}{t}t - G_{611}\frac{cd}{t}t + G_{65}M + G_{66}q + G_{67}T + G_{68}mol + G_{69}\frac{180}{\pi} + G_{610}sr + G_{611}cd$$

وباختصار t تصبح:

$$q' = G_{61}x + G_{11}q - G_{65}M - G_{66}q - G_{67}T - G_{68}mol - G_{69}\frac{180}{\pi}$$
$$-G_{610}sr - G_{611}cd + G_{65}M + G_{66}q + G_{67}T + G_{68}mol + G_{69}\frac{180}{\pi} + G_{610}sr + G_{611}cd$$

وباختصار باقى الكميات المتساوية فى المقدار والمختلفة فى الاشارة
تصبح المعادلة على الصورة :

$$q' = G_{61}x + G_{11}q$$

بالتعويض عن المعادلة :

وباختصار t تصبح:

$$sr' = G_{101}x + G_{11}sr - G_{105}M - G_{106}q - G_{107}T - G_{108}mol - G_{109}\frac{180}{\pi}$$
$$-G_{1010}sr - G_{1011}cd + G_{105}M + G_{106}q + G_{107}T + G_{108}mol + G_{109}\frac{180}{\pi} + G_{1010}sr + G_{1011}cd$$

وباختصار باقى الكميات المتساوية فى المقدار والمختلفة فى الاشارة
تصبح المعادلة على الصورة :

$$sr' = G_{101}x + G_{11}sr$$

بالتعويض عن المعادلة :

$$G_{114} = G_{11}\frac{cd}{t} - G_{115}\frac{M}{t} - G_{116}\frac{q}{t} - G_{117}\frac{T}{t} - G_{118}\frac{mol}{t}$$
$$-G_{119}\frac{180}{t\pi} - G_{1110}\frac{sr}{t} - G_{1111}\frac{cd}{t}$$

فى المعادلة:

$$cd' = G_{111}x + G_{114}t + G_{115}M + G_{116}q + G_{117}T + G_{118}mol$$
$$+G_{119}\frac{180}{\pi} + G_{1110}sr + G_{1111}cd$$

تصبح:

$$cd' = G_{111}x + G_{11}\frac{cd}{t}t - G_{115}\frac{M}{t}t - G_{116}\frac{q}{t}t - G_{117}\frac{T}{t}t - G_{118}\frac{mol}{t}t - G_{119}\frac{180}{t\pi}t$$
$$-G_{1110}\frac{sr}{t}t - G_{1111}\frac{cd}{t}t + G_{115}M + G_{116}q + G_{117}T + G_{118}mol$$
$$+G_{119}\frac{180}{\pi} + G_{1110}sr + G_{1111}cd$$

وباختصار t تصبح:

$$cd' = G_{111}x + G_{11}cd - G_{115}M - G_{116}q - G_{117}T - G_{118}mol - G_{119}\frac{180}{\pi}$$
$$-G_{1110}sr - G_{1111}cd + G_{115}M + G_{116}q + G_{117}T + G_{118}mol$$
$$+G_{119}\frac{180}{\pi} + G_{1110}sr + G_{1111}cd$$

وباختصار باقى الكميات المتساوية فى المقدار والمختلفة فى الاشارة
تصبح المعادلة على الصورة

$$cd' = G_{111}x + G_{11}cd$$

وبالتالى فإنه ينتج لدينا المعادلات الآتية:

ويمكننا من خلال المعادلات الآتية استنتاج

تحويلات لورنتز-أينشتاين
ولكن فى ١١ بعد لكل الكميات الفيزيائية الأساسية
بعد معرفة قيم الثوابت

$$G_{11}, G_{41}, G_{51}, G_{61}, G_{71}, G_{81}, G_{91}, G_{101}, G_{111}$$

والتى تمكننا من خلالها من ايجاد تحويلات لورنتز - اينشتاين لجميع الكميات المشتقة ايضا بالإضافة الى تحويلات الثوابت التى ينتج تغيرها من خلال المعادلات من إطار الى آخر وتحويلات سرعة الضوء التى تتغير من إطار الى آخر فى الأبعاد الأخرى وليس الفراغ (كماسيتبين لنا من المعادلات أن سرعة الضوء ثابتة فى الفراغ)

معادلات تحويل لورنتز - اينشتاين:

$$x' = G_{11}\left(x - v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,t\right)$$

$$t' = G_{41}x + G_{11}t$$

$$M' = G_{51}x + G_{11}M$$

$$q' = G_{61}x + G_{11}q$$

$$T' = G_{71}x + G_{11}T$$

$$mol' = G_{81}x + G_{11}mol$$

$$\frac{180}{\pi'} = G_{91}x + G_{11}\frac{180}{\pi}$$

$$sr' = G_{101}x + G_{11}sr$$

$$cd' = G_{111}x + G_{11}cd$$

نعوض بها فى المعادلة:

$$x^2 - c^2t^2 - \frac{G^2}{c_M{}^4}M^2 - \frac{k_eG}{c_q{}^4}q^2 - \frac{G^2k_B{}^2}{c_T{}^8}T^2$$

$$-\frac{\hbar G N_A{}^2}{c_{mol}{}^3}mol^2 - \frac{\hbar G}{c_{rad}{}^3}(\frac{180}{\pi})^2 - \frac{\hbar G}{c_{sr}{}^3}(sr)^2 - \frac{\hbar G}{c_{cd}{}^3 I^2_{vpl}}cd^2 =$$

$$x'^2 - c'^2t'^2 - \frac{G'^2}{c'_M{}^4}M'^2 - \frac{k'_eG'}{c'^4_q}q'^2 - \frac{G'^2k'^2_B}{c'^8_T}T'^2$$

$$-\frac{\hbar' G' N'^2_A}{c'_{mol}{}^3}mol'^2 - \frac{\hbar' G}{c'^3_{rad}}(\frac{180}{\pi'})^2 - \frac{\hbar' G'}{c'^3_{sr}}sr'^2 - \frac{\hbar' G'}{c'^3_{cd} I'^2_{vpl}}cd'^2$$

تصبح المعادلة :

$$x^2 - c^2 t^2 - \frac{G^2}{c_M^{\ 4}} M^2 - \frac{k_e G}{c_q^{\ 4}} q^2 - \frac{G^2 k_B^{\ 2}}{c_T^{\ 8}} T^2$$

$$- \frac{\hbar G N_A^{\ 2}}{c_{mol}^{\ 3}} mol^2 - \frac{\hbar G}{c_{rad}^{\ 3}} \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 - \frac{\hbar G}{c_{sr}^{\ 3}} (sr)^2 - \frac{\hbar G}{c_{cd}^{\ 3} I_{vpl}^{\ 2}} cd^2 =$$

$$G_{11}^{\ 2} \left(x - v\sqrt{1 - \frac{t_{pl}^{\ 2}}{t^2}}\, t\right)^2 - c'^2 (G_{41} x + G_{11} t)^2$$

$$- \frac{G'^2}{c_M'^{\ 4}} (G_{51} x + G_{11} M)^2 - \frac{k_e' G'}{c_q'^{\ 4}} (G_{61} x + G_{11} q)^2$$

$$- \frac{G'^2 k_B'^{\ 2}}{c_T'^{\ 8}} (G_{71} x + G_{11} T)^2 - \frac{\hbar' G' N_A'^{\ 2}}{c_{mol}'^{\ 3}} (G_{81} x + G_{11} mol)^2$$

$$- \frac{\hbar' G}{c_{rad}'^{\ 3}} \left(G_{91} x + G_{11} \frac{180}{\pi}\right)^2 - \frac{\hbar' G'}{c_{sr}'^{\ 3}} (G_{101} x + G_{11} sr)^2$$

$$- \frac{\hbar' G'}{c_{cd}'^{\ 3} I_{vpl}'^{\ 2}} (G_{111} x + G_{11} cd)^2$$

بمقارنة معاملات x^2:

$$1 = G_{11}{}^2 - c'^2 G_{41}{}^2 - \frac{G'^2}{c'_M{}^4} G_{51}{}^2 - \frac{k'_e G'}{c'_q{}^4} G_{61}{}^2 - \frac{G'^2 k'_B{}^2}{c'_T{}^8} G_{71}{}^2$$

$$- \frac{\hbar' G' N'^2_A}{c'_{mol}{}^3} G_{81}{}^2 - \frac{\hbar' G}{c'_{rad}{}^3} G_{91}{}^2 - \frac{\hbar' G'}{c'_{sr}{}^3} G_{101}{}^2 - \frac{\hbar' G'}{c'_{cd}{}^3 I'^2_{vpl}} G_{111}{}^2$$

بمقارنة معاملات t^2:

$$-c^2 = G_{11}{}^2 v^2 \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right) - c'^2 G_{11}{}^2$$

أو على الصورة:

$$-c^2 = G_{11}{}^2 \left(v^2 \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right) - c'^2\right)$$

ومنها:

$$\frac{-c^2}{\left(v^2 \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right) - c'^2\right)} = G_{11}{}^2$$

اى ان:

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{c'^2}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2})}}=G_{11}$$

بمقارنة معاملات xt:

$$0=-2G_{11}{}^2v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}-2c'^2G_{41}G_{11}$$

اى أن:

$$2G_{11}{}^2v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}=-2c'^2G_{41}G_{11}$$

بالقسمة على $2G_{11}$

$$G_{11}v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}=-c'^2G_{41}$$

وبالتالى نوجد G_{41}:

$$G_{41} = \frac{-v}{c'^2} G_{11} \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2_{pl}}{t^2}}$$

بمقارنة معاملات M^2:

$$-\frac{G^2}{c_M{}^4} = -\frac{G'^2}{c'_M{}^4} G_{11}{}^2$$

بمقارنة معاملات Mx:

$$0 = -2\frac{G'^2}{c'_M{}^4} G_{51} G_{11}$$

وحيث أن :

$$G_{11} \neq 0, \quad G' \neq 0, \quad c'_M \neq 0,$$

فإن:

$$G_{51} = 0$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$M' = G_{51}x + G_{11}M$$

ينتج أن:

تحويل الكتلة

$$M' = G_{11}M$$

بمقارنة معاملات q^2 :

$$-\frac{k_e G}{c_q^{4}} = -\frac{k_e' G'}{c_q'^{4}} G_{11}^{2}$$

بمقارنة معاملات qx :

$$0 = -2\frac{k_e' G'}{c_q'^{4}} G_{61} G_{11}$$

وحيث أن :

$$G_{11} \neq 0 \quad ,G' \neq 0 \quad ,k_e' \neq 0 \quad ,c_q' \neq 0$$

فإن:

$$G_{61} = 0$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$q' = G_{61}x + G_{11}q$$

ينتج أن:

$$q' = G_{11}q$$

تحويل الشحنة

بمقارنة معاملات T^2 :

$$-\frac{G^2 k_B^2}{c_T^8} = -\frac{G'^2 k_B'^2}{c_T'^8} G_{11}^2$$

بمقارنة معاملات Tx :

$$0 = -2\frac{G'^2 k_B'^2}{c_T'^8} G_{11} G_{71}$$

وحيث أن :

$$G_{11} \neq 0,\quad G' \neq 0,\quad k'_B \neq 0,\quad c'_T \neq 0$$

فإن:

$$G_{71} = 0$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$T' = G_{71}x + G_{11}T$$

ينتج أن:

$$T' = G_{11}T$$

تحويل الحرارة

بمقارنة معاملات mol^{2} :

$$-\frac{\hbar G N_{A}^{2}}{c_{mol}^{3}} = -\frac{\hbar' G' N_{A}'^{2}}{c_{mol}'^{3}} G_{11}^{2}$$

بمقارنة معاملات x mol :

$$0 = -2\frac{\hbar' G' N_{A}'^{2}}{c_{mol}'^{3}} G_{81} G_{11}$$

وحيث أن :

$$G_{11} \neq 0 \quad ,G' \neq 0 \quad ,\hbar' \neq 0 \quad ,N_{A}' \neq 0 \quad ,c_{mol}' \neq 0$$

فإن:

$$G_{81} = 0$$

وبالتعويض في المعادلة:

$$mol' = G_{81}x + G_{11}mol$$

ينتج أن:

$$mol' = G_{11}mol$$

تحويل المول

بمقارنة معاملات $(\frac{180}{\pi})^2$:

$$-\frac{\hbar G}{c_{rad}^{3}} = -\frac{\hbar' G'}{c_{rad}'^{3}} G_{11}^{2}$$

بمقارنة معاملات $\frac{180}{\pi}x$:

$$0 = -2\frac{\hbar' G}{c_{rad}'^{3}} G_{91} G_{11}$$

وحيث أن :

$$G_{11} \neq 0 \quad , G' \neq 0 \quad , \hbar' \neq 0 \quad , c'_{rad} \neq 0 ,$$

فإن:

$$G_{91}=0$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$\frac{180}{\pi'}=G_{91}x+G_{11}\frac{180}{\pi}$$

ينتج أن:

$$\frac{180}{\pi'}=G_{11}\frac{180}{\pi}$$

اى أن:

$$\frac{1}{\pi'}=G_{11}\frac{1}{\pi}$$

تحويل π'

ومنها وبالتعويض عن :

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{c'^2}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}}=G_{11}$$

ينتج أن:

$$\pi'=\pi\sqrt{\frac{c'^2}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}$$

بمقارنة معاملات sr^2 :

$$-\frac{\hbar G}{c_{sr}^{3}}=-\frac{\hbar' G'}{c_{sr}'^{3}}G_{11}^{2}$$

بمقارنة معاملات $sr\ x$:

$$0=-2\frac{\hbar' G'}{c_{sr}'^{3}}G_{101}G_{11}$$

وحيث أن :

$$G_{11}\neq 0,\quad G'\neq 0,\quad \hbar'\neq 0,\quad c_{sr}'\neq 0,$$

فإن:

$$G_{101}=0$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$sr'=G_{101}x+G_{11}sr$$

ينتج أن:

$$sr'=G_{11}sr$$

تحويل الزاوية المجسمة

بمقارنة معاملات cd^2 :

$$-\frac{\hbar G}{c_{cd}^{3} I^{2}_{vpl}} = -\frac{\hbar' G'}{c'^{3}_{cd} I'^{2}_{vpl}} G_{11}^{2}$$

بمقارنة معاملات $cd\ x$:

$$0 = -2\frac{\hbar' G'}{c'^{3}_{cd} I'^{2}_{vpl}} G_{111} G_{11}$$

وحيث أن :

$$,c'_{cd} \neq 0 \ ,I_{vpl} \neq 0 \ \ ,\hbar' \neq 0 \ \ ,G' \neq 0 \ \ ,G_{11} \neq 0$$

فإن:

$$G_{111} = 0$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$cd' = G_{111} x + G_{11} cd$$

ينتج أن:

$$cd' = G_{11} cd$$

تحويل شدة الإستضاءة

بالتعويض بالمعادلة :

$$G_{41}=\frac{-v}{c'^{2}}G_{11}\sqrt{1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}}$$

فى المعادلة :

$$t'=G_{41}x+G_{11}t$$

تصبح:

$$t'=\frac{-v}{c'^{2}}G_{11}\sqrt{1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}}x+G_{11}t$$

وبأخذ G_{11} عامل مشترك

$$t'=G_{11}\left(\frac{-v}{c'^{2}}\sqrt{1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}}x+t\right)$$

ويمكن كتابتها كالآتى :

تحويل الزمن

$$t'=G_{11}\left(t-\frac{v}{c'^{2}}\sqrt{1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}}x\right)$$

وبالتعويض عن $G_{51}=0$,$G_{61}=0$,$G_{71}=0$,$G_{81}=0$,$G_{91}=0$,
$G_{101}=0$,$G_{111}=0$

فى المعادلة :

$$1=G_{11}{}^{2}-c'^{2}G_{41}{}^{2}-\frac{G'^{2}}{c'^{\,4}_{M}}G_{51}{}^{2}-\frac{k_e'G'}{c'^{\,4}_{q}}G_{61}{}^{2}-\frac{G'^{2}k'^{\,2}_{B}}{c'^{\,8}_{T}}G_{71}{}^{2}$$
$$-\frac{\hbar'G'N'^{\,2}_{A}}{c'^{\,3}_{mol}}G_{81}{}^{2}-\frac{\hbar'G}{c'^{\,3}_{rad}}G_{91}{}^{2}-\frac{\hbar'G'}{c'^{\,3}_{sr}}G_{101}{}^{2}-\frac{\hbar'G'}{c'^{\,3}_{cd}I'^{\,2}_{vpl}}G_{111}{}^{2}$$

ينتج أن:

$$1=G_{11}{}^{2}-c'^{2}G_{41}{}^{2}$$

$$G_{11}{}^{2}=1+c'^{2}G_{41}{}^{2}$$

وبالتعويض عن المعادلة

$$G_{41} = \frac{-v}{c'^2} G_{11} \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}$$

تصبح:

$$G_{11}{}^2 = 1 + c'^2 \left(\frac{-v}{c'^2} G_{11} \sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}} \right)^2$$

$$G_{11}{}^2 = 1 + c'^2 \frac{v^2}{c'^4} G^2{}_{11} \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right)$$

$$G_{11}{}^2 = 1 + \frac{v^2}{c'^2} G^2{}_{11} \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right)$$

$$G_{11}{}^2 - \frac{v^2}{c'^2} G^2{}_{11} \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right) = 1$$

$$G_{11}{}^2 \left(1 - \frac{v^2}{c'^2} \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t^2{}_{pl}}{t^2}\right)\right) = 1$$

$$G_{11}^{2}=\frac{1}{\left(1-\frac{v^{2}}{c'^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)\right)}$$

$$G_{11}=\frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c'^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)\right)}}$$

وبالمقارنة مع المعادلة:

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{c'^{2}}{c^{2}}-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)}}=G_{11}$$

اى أن:

$$G_{11}=\frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c'^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)\right)}}=\frac{1}{\sqrt{\frac{c'^{2}}{c^{2}}-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)}}$$

اى أن:

$$1-\frac{v^2}{c'^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}\right)=\frac{c'^2}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}\right)$$

$$1-\frac{v^2}{c'^2}+\frac{c^2}{c'^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}=\frac{c'^2}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}+\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}$$

$$\frac{c'^2t^2-v^2t^2-c^2{t_{pl}}^2}{c'^2t^2}=\frac{c'^2t^2-v^2t^2-c^2{t_{pl}}^2}{c^2t^2}$$

$$c'^2t^2=c^2t^2$$

$$c'^2=c^2$$

$$\left|c'\right|=\left|c\right|$$

اى ان سرعة الضوء لا تتغير فى المقدار من إطار إلى آخر بغض النظر عن الاتجاه وهو يفسر بطريقة رياضية لما سرعة الضوء ثابتة فى المقدار على الرغم من اختلاف اتجاهها سؤال طالما كنا نواجه بإجابة له انها النسبية و الفرض الذى فرضه اينشتاين

لا نحتاج هذا الفرض هنا لانه تم إثباته رياضيا

و أن مرع سرعة الضوء هو ثابت كونى لا يتغير من إطار الى آخر

و ينتج لنا أيضا

تحويلات لورنتز-أينشتاين
ولكن فى ١١ بعد لكل الكميات الفيزيائية الأساسية والتى تمكننا من خلالها من ايجاد تحويلات لورنتز - اينشتاين لجميع الكميات المشتقة ايضا بالإضافة الى تحويلات الثوابت التى ينتج تغيرها من خلال المعادلات من إطار الى آخر وتحويلات سرعة الضوء التى تتغير من إطا ر الى آخر فى الأبعاد الأخرى وليس الفراغ (كماسيتبين لنا من المعادلات أن سرعة الضوء ثابتة فى الفراغ)

وبالتالى فإنه يمكننا تعريف G_{11} كالآتى :

عنصر التحويل

$$G_{11}=\frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)\right)}}$$

وتصبح t' على الصورة

تحويل الزمن فى صورته الأخيرة

$$t'=G_{11}\left(t-\frac{v}{c^{2}}\sqrt{1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}}\,x\right)$$

وتصبح π' فى الصورة:

تحويل الباى فى صورتها الأخيرة

$$\pi'=\pi\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)}$$

ويمكننا كتابة باقى الاستنتاجات السابقة كالآتى:

تحويل الطول فى صورته الأخيرة

$$x'=G_{11}(x-v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,t)$$

تحويل الكتلة فى صورتها الأخيرة

$$M'=\frac{M}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

تحويل الشحنة فى صورته الأخيرة

$$q'=\frac{q}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

تحويل الحرارة فى صورته الأخيرة

$$T'=\frac{T}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

تحويل المول فى صورته الأخيرة

$$mol'=\frac{mol}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

تحويل الإستراديان فى صورته الأخيرة

$$sr' = \frac{sr}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}}$$

تحويل شدة الإستضاءة فى صورتها الأخيرة

$$cd' = \frac{cd}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}}$$

ولإيجاد قيم باقى الثوابت وسرعات الضوء فى الأبعاد المختلفة فإننا سنطبق القاعدة الاساسية للنسبية وهى أن قوانين الكون واحدة اى أن شكل القانون لا يتغير من إطار الى آخر تحت تحويلات لورنتز _ اينشتين

تمهيد:
انكماش فيتزجيرالد_لورنتز

من المعادلة:

$$t'=G_{11}(t-\frac{v}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}x)$$

وعند $t'=0$
فإن:

$$t=\frac{v}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}x$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$x'=G_{11}(x-v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}}t)$$

ينتج أن:

$$x' = G_{11}\left(x - v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,\frac{v}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,x\right)$$

اى ان:

$$x' = G_{11}\left(x - \frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)x\right)$$

ومنها:

$$x' = G_{11}x\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)$$

وبالتعويض عن

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}}$$

ينتج أن:

$$x' = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}\,x(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))$$

اى أن:

$$x' = x\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

إنكماش فيتزجيرالد - لورنتز

والتى يمكن كتابتها لطول r' كالآتى:

$$r' = r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

من تعريف الطول الموجى $\lambda = 2\pi r$

وبالتالى فإن:

$$\lambda' = 2\pi' r'$$

وبالتعويض عن التحويلات الآتية:

$$r' = r\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}$$

$$\pi' = \pi\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}$$

ينتج أن:

$$\lambda' = 2\pi\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}\,r\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}$$

$$\lambda' = 2\pi r\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\right]^2$$

تحويل الطول الموجى

$$\lambda' = \lambda\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\right]^2$$

ومن تعريف سرعة الضوء $c = \lambda v$

فإن: $c' = \lambda' v'$

وبتربيع الطرفين:

$$c'^2 = \lambda'^2 v'^2$$

وأستنتجنا أن:

$$c'^2 = c^2$$

وبالتعويض عن :

$$\lambda' = \lambda[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2$$

ينتج أن:

$$c^2 = \lambda^2[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^4 v'^2$$

ومنا يمكننا إيجاد تحويل التردد كالآتى:

$$\frac{c^2}{\lambda^2[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^4} = v'^2$$

$$\frac{c}{\lambda[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}=v'$$

ومنها:

تحويل التردد

$$\frac{v}{[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}=v'$$

وبتعريف الطاقة E من معادلة اينشتاين:

$$E=Mc^2$$

والتى يمكن كتابتها فى إطار آخر كالاتى:

$$E'=M'c'^2$$

وبالتعويض عن المعادلات :

$$c'^2=c^2$$

$$M' = \frac{M}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}}$$

ينتج أن:

$$E' = \frac{M}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}} c^2$$

ومنها تكون معادلة تحويل الطاقة كالاتى:

تحويل الطاقة

$$E' = \frac{E}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}}$$

وبتعريف الطاقة من معادلة بلانك :

$$E = h\nu$$

والتى يمكن كتابتها فى أطار آخر كالآتى:

$$E' = h'\nu'$$

وبالتعويض عن المعادلات الآتية:

$$\frac{v}{[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}=v'$$

$$E'=\frac{E}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

يمكننا ايجاد تحويل ثابت بلانك h :

$$\frac{E}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}=h'\frac{v}{[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}$$

ومنها:

$$\frac{E\sqrt{(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}(1-\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}))}}{v}=h'$$

تحويل ثابت بلانك المخفض

$$h'=h\sqrt{(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}(1-\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}))}$$

والان لايجاد تحويل الثابت $\hbar$

فاننا يمكننا تعريفه من العلاقة:

$$\hbar=\frac{h}{2\pi}$$

والتى يمكن كتابتها فى إطار آخر كالآتى:

$$\hbar'=\frac{h'}{2\pi'}$$

وبالتعويض بالمعادلات:

$$h'=h\sqrt{(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}_{pl}}{t^{2}}))}$$

$$\pi' = \pi\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)}$$

ينتج أن:

$$\hbar' = \frac{h\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}}{2\pi\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)}}$$

ومنها:

$$\hbar' = \hbar$$

ای ان $\hbar$ ثابت كونى لا يتغير من إطار الى آخر

ثابت بلانك لا يتغير من إطار الى آخر

ومن تعريف الطاقة ايضا بالكم:

$$E = \hbar\omega$$

والتى يمكن كتابتها فى إطار آخر كالآتى:

$$E' = \hbar'\omega'$$

وبالتعويض بالمعادلات:

$$\hbar' = \hbar$$

$$E' = \frac{E}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}$$

يمكننا ايجاد تحويل السرعة الزاوية ω

$$\frac{E}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}} = \hbar\omega'$$

ومنها:

$$\frac{E}{\hbar\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}} = \omega'$$

تحويل السرعة الزاوية

$$\omega' = \frac{\omega}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}}$$

تمدد الزمن

تمدد الزمن :

من المعادلة:

$$x' = G_{11}(x - v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}}\,t)$$

بوضع

$$x' = 0$$

$$x = v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}}\,t$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$t' = G_{11}(t - \frac{v}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}}\,x)$$

ينتج أن:

$$t' = G_{11}\left(t - \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\, v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\, t\right)$$

$$t' = G_{11} t\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)$$

ومن المعادلة:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}}$$

ينتج أن:

$$t' = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}}\, t\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)$$

$$t' = t\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}$$

ولايجاد تحويل ثابت الجذب العام نوجد اولا تحويل التسارع او العجلة والذى يمكن ايجاده من معادلة الحركة لنيوتن كالاتى:

$$v = v_0 + gt$$

حيث v السرعة النهائية v_0 السرعة الابتدائية g العجلة t الزمن

ويمكن كتابة معادلة الحركة فى إطار آخر كالآتى:

$$v' = v'_0 + g't'$$

وبالتعويض عن القيم:

$$t' = t\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}$$

ينتج أن:(مع ملاحظة أن السرعة ليس لها تحويل)

$$v = v_0 + g' t \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right.}$$

ومنها نوجد تحويل g'

$$\frac{v - v_0}{t\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right.}} = g'$$

ويكون تحويل العجلة هو:

تحويل العجلة

$$g' = \frac{g}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right.}}$$

واذا كانت العجلة تكافىء شدة المجال الجاذبى فان:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

والتى يمكن كتابتها فى إطار آخر كالآتى:

$$g'=\frac{G'M'}{r'^2}$$

وبالتعويض بالمعادلات:

$$M'=\frac{M}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}\quad ,g'=\frac{g}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}}$$

$$r'=r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

كالآتى:

$$\frac{g}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}}=\frac{G'}{[r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}\frac{M}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

ومنها:

$$\frac{g}{M}[r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2 = G'$$

اى ن:

$$\frac{g}{M}r^2[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2 = G'$$

ويكون تحويل ثابت الجذب العام هو:

تحويل ثابت الجذب العام

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

ويمكننا تعريف القوة F كالاتى:

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

والتى يمكن كتابتها فى إطار آخر كالاتى:

$$F' = G' \frac{M' m}{r'^2}$$

حيث m هى الكتلة الساكنة

وبالتعويض بالمعادلات:

$$M' = \frac{M}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$r' = r\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

ينتج أن:

$$F' = G[\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2 \frac{\frac{M}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}} m}{[r\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}$$

اى ان:

$$F' = G\frac{Mm}{r^2\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

ويكون تحويل القوة:

$$F' = \frac{F}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

ومن تعريف قانون كولوم يمكن ايجاد تحويل ثابت كولوم كالاتى:

$$F = k_e\frac{qq}{r^2}$$

والتى يمكن كتابتها فى إطار آخر كالاتى:

$$F' = k'_e\frac{q'q}{r'^2}$$

حيث q شحنة ثابتة

وبالتعويض بالمعادلات:

$$F' = \frac{F}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

$$r' = r\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$q' = \frac{q}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

كالاتى:

$$\frac{F}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}=k'_e\frac{\frac{q}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}q}{[r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2}$$

ومنها:

$$F=k'_e\frac{qq}{[r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2}$$

$$qqFr^2[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2=k'_e$$

ويكون تحويل ثابت كولوم كالاتى:

تحويل ثابت كولوم

$$k'_e = k_e\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\right]^2$$

وتمكننا قاعدة ان قوانين الكون واحدة من ايجاد تحويل اى كمية بمعرفة ابعاد وحدتها اذا علمنا تحويلات الكميات الاساسية والتى تعطيها نظرية الثوابت

مثلا:

ثابت افوجادرو N_A وحدته هى مقلوب المول

والذى له التحويل الاتى:

$$mol' = \frac{mol}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}}$$

وبالتالى يمكننا ايجاد تحويل عدد افوجادرو بدون التعويض بقانون معين فقط بمعرفة الوحدات

تحويل عدد افوجادرو

$$N'_A = N_A\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}$$

ثوابت كونية لا تتغير
من إطار الى آخر

والثابت لابد أن يكون ثابتا تحت تحويلات لورنتز اينشتاين
بمعنى أنه لا يتغير من اطار الى آخر اذا اعطينا وحداته تحويلاتها
مثال:

ثابت بولتزمان k_B
هو وحدة طاقة على وحدة حرارة
ولدينا تحويلات الطاقة والحرارة كالآتى:

$$E' = \frac{E}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

$$T' = \frac{T}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

وينتج من ذلك أن:

$$k'_B = k_B$$

اى أن ثابت بولتزمان ثابت كونى لا يتغير من إطار الى آخر

وكذلك $\hbar' = \hbar$

وأيضا: $c'^2 = c^2$ مربع سرعة الضوء فى الفراغ

تحويل القدرة P

القدرة وحدة طاقة على وحدة زمن

ومن تحويلات الطاقة والزمن:

$$E' = \frac{E}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}}$$

$$t' = t\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right.}$$

$$P' = \frac{E'}{t'}$$

$$P' = \frac{\dfrac{E}{\sqrt{(1-\dfrac{v^2}{c^2}(1-\dfrac{c^2}{v^2}\dfrac{t^2_{pl}}{t^2}))}}}{t\sqrt{(1-\dfrac{v^2}{c^2}(1-\dfrac{c^2}{v^2}\dfrac{t^2_{pl}}{t^2})}}$$

$$P' = \frac{E}{t[\sqrt{(1-\dfrac{v^2}{c^2}(1-\dfrac{c^2}{v^2}\dfrac{t^2_{pl}}{t^2})}]^2}$$

ويكون تحويل القدرة

تحويل القدرة

$$P' = \frac{P}{[\sqrt{(1-\dfrac{v^2}{c^2}(1-\dfrac{c^2}{v^2}\dfrac{t^2_{pl}}{t^2})}]^2}$$

ولايجاد تحويل الثابت I_{vpl}:

وهو وحدة قدرة على وحدة استراديان

وبالتعويض بالمعادلات:

$$P'=\frac{P}{[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2})}]^2}$$

$$sr'=\frac{sr}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}$$

كالاتى:

$$I'_{vpl}=\frac{\dfrac{P}{[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2})}]^2}}{\dfrac{sr}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}}$$

$$I'_{vpl} = \frac{P}{sr\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}}$$

تحويل ثابت الشمعة العيارية

$$I'_{vpl} = \frac{I_{vpl}}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}}$$

والثابت I_{vpl} يعطى قيمة الكانديلا أو الشمعة العيارية عند حائط بلانك
وبالتالى يمكن ايجاد التحويل الخاص به من تحويل الكانديلا من نظرية الثوابت مباشرة

$$cd' = \frac{cd}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

اى ان:

$$I'_{vpl} = \frac{I_{vpl}}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2})}}$$

تغيرسرعة الضوء فى
الأبعاد المختلفة

لايجاد سرعة الضوء فى الابعاد المختلفة:

نعوض فى المعادلات :

نتج بمقارنة معاملات M^2:

$$-\frac{G^2}{c_M{}^4} = -\frac{G'^2}{c'_M{}^4} G_{11}{}^2$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}]^2$$

ينتج أن:

$$-\frac{G^2}{c_M^4} = -\frac{G^2[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}]^4}{c'^4_M}[\frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}}]^2$$

ومنها:

$$c'^4_M = c_M^4[\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2})}]^2$$

تحويل سرعة الضوء فى بعد الكتلة

$$c'_M = c_M \sqrt[4]{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2})}$$

ونتج بمقارنة معاملات q^2 :

$$-\frac{k_e G}{c_q^{4}} = -\frac{k_e' G'}{c_q'^{4}} G_{11}^{2}$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$k_e' = k_e[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$-\frac{k_e G}{c_q{}^4} =$$

$$-\frac{k_e[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2 G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2}{c'^4_q[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2}$$

ومنها:

$$-\frac{k_e G}{c_q{}^4} = -\frac{k_e[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2 G}{c'^4_q}$$

$$c'^4_q = c_q{}^4[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2$$

تحويل سرعة الضوء فى بعد الشحنة

$$c'_q = c_q \sqrt[4]{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}$$

نتج بمقارنة معاملات T^2 :

$$-\frac{G^2 k_B{}^2}{c_T{}^8} = -\frac{G'^2 k'_B{}^2}{c'_T{}^8} G^2_{11}$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$k'_B = k_B$$

كالاتى:

$$-\frac{G^2 k_B^{\,2}}{c_T^{\,8}} = -\frac{G^2\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\right]^4 k_B^{\,2}}{c_T'^{\,8}\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\right]^2}$$

ومنها:

$$c_T'^{\,8} = c_T^{\,8}\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\right]^2$$

تحويل سرعة الضوء فى
بعد الحرارة

$$c_T' = c_T \sqrt[8]{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}$$

بمقارنة معاملات mol^2 :

$$-\frac{\hbar G N_A^{\,2}}{c_{mol}^{\,3}} = -\frac{\hbar' G' N_A'^{\,2}}{c_{mol}'^{\,3}} G_{11}^{\,2}$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$N'_A = N_A\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$\hbar' = \hbar$$

كالاتى:

$$-\frac{\hbar G N_A^{2}}{c_{mol}^{3}}=$$

$$-\frac{\hbar G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}]^2 N_A^{2}[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}]^2}{c'^{3}_{mol}[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}]^2}$$

ومنها:

$$c'^{3}_{mol}=c_{mol}^{3}[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}))}]^2$$

تحويل سرعة الضوء فى بعد المول

$$c'_{mol}=c_{mol}\sqrt[3]{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2})}$$

بمقارنة معاملات $(\frac{180}{\pi})^2$:

$$-\frac{\hbar G}{c_{rad}^{3}}=-\frac{\hbar' G'}{c'^{3}_{rad}}G_{11}^{2}$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$\hbar' = \hbar$$

$$-\frac{\hbar G}{c_{rad}^3} = -\frac{\hbar G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}{c'^3_{rad}[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2}$$

$$c'^{\,3}_{rad} = c^{\,3}_{rad}$$

ومنها:

$$c'_{rad} = c_{rad}$$

سرعة الضوء ثابتة فى بعد الزاوية النصف

بمقارنة معاملات sr^2 :

$$-\frac{\hbar G}{c_{sr}^{3}} = -\frac{\hbar' G'}{c'^{\,3}_{sr}} G_{11}^{\,2}$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}}$$

$$G' = G\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)\right)}\,\right]^2$$

$$\hbar' = \hbar$$

$$-\frac{\hbar G}{c_{sr}^{3}} = -\frac{\hbar G\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)\right)}\right]^{2}}{c_{sr}'^{3}\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t_{pl}^{2}}{t^{2}}\right)\right)}\right]^{2}}$$

$$c_{sr}'^{3} = c_{sr}^{3}$$

ومنها:

$$c_{sr}' = c_{sr}$$

سرعة الضوء ثابتة فى
بعد الزاوية المجسمة

بمقارنة معاملات cd^{2} :

$$-\frac{\hbar G}{c_{cd}^{3} I_{vpl}^{2}} = -\frac{\hbar' G'}{c_{cd}'^{3} I_{vpl}'^{2}} G_{11}^{2}$$

بالتعويض بالمعادلات:

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}}$$

$$G' = G[\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$\hbar' = \hbar$$

$$I'_{vpl} = \frac{I_{vpl}}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2{}_{pl}}{t^2})}}$$

$$-\frac{\hbar G}{c_{cd}{}^{3} I^{2}{}_{vpl}} =$$

$$-\frac{\hbar G\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}{}_{pl}}{t^{2}}\right)\right)}\right]^{2}}{c'_{cd}{}^{3}\left[\frac{I_{vpl}}{\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}{}_{pl}}{t^{2}}\right)\right)}}\right]^{2}\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}{}_{pl}}{t^{2}}\right)\right)}\right]^{2}}$$

$$c'_{cd}{}^{3} = c_{cd}{}^{3}\sqrt{\left(1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}{}_{pl}}{t^{2}}\right)\right)}$$

تحويل سرعة الضوء فى
بعد شدة الإستضاءة

$$c'_{cd} = c_{cd}\sqrt[3]{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}\left(1-\frac{c^{2}}{v^{2}}\frac{t^{2}{}_{pl}}{t^{2}}\right)}$$

ای ان سرعة الضوء تتغیر فی الابعاد المختلفة كالاتی:

سرعة الضوء فی الفراغ (بعد الزمن)

$$c'^2 = c^2$$

سرعة الضوء فی بعد الكتلة

$$c'_M = c_M \sqrt[4]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)}$$

سرعة الضوء فی بعد الشحنة:

$$c'_q = c_q \sqrt[4]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)}$$

سرعة الضوء فی بعد الحرارة:

$$c'_T = c_T \sqrt[8]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)}$$

سرعة الضوء فى بعد المول (عدد الجرامات الجزيئية)

$$c'_{mol} = c_{mol}\sqrt[3]{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}$$

سرعة الضوء فى بعد شدة الاستضاءة:

$$c'_{cd} = c_{cd}\sqrt[3]{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^2}{t^2}\right)}$$

سرعة الضوء فى بعد الزاوية النصف قطرية:

$$c'_{rad} = c_{rad}$$

سرعة الضوء فى الزاوية المجسمة:

$$c'_{sr} = c_{sr}$$

سورة فصلت - الجزء - 24 الآية - 12 الصفحة478

فَقَضَاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ فِي يَوْمَيْنِ وَأَوْحَىٰ فِي كُلِّ سَمَاءٍ أَمْرَهَا ۚ وَزَيَّنَّا السَّمَاءَ الدُّنْيَا بِمَصَابِيحَ وَحِفْظًا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ

سورة آل عمران - الجزء - 4 الآية - 109 الصفحة64
وَلِلَّهِ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ ۚ وَإِلَى اللَّهِ تُرْجَعُ الْأُمُورُ

قيم الكميات الفيزيائية الاساسية والمشتقة تتغيرمن اطار الى آخر:
والثوابت نوعان ثابتة لاتتغير من اطار الى آخرومتغيرة وهذا ما نفعله في الاحصاء

$$\hbar' = \hbar$$

$$G' = G\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}\right]^2$$

$$N'_A = N_A\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}$$

$$k'_e = k_e\left[\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}\right]^2$$

$$k'_B = k_B$$

$$I'_{vpl}=\frac{I_{vpl}}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2})}}$$

سورة الجن - الجزء - 29 الآية - 28 الصفحة573

لِيَعْلَمَ أَنْ قَدْ أَبْلَغُوا رِسَالَاتِ رَبِّهِمْ وَأَحَاطَ بِمَا لَدَيْهِمْ وَأَحْصَىٰ كُلَّ شَيْءٍ عَدَدًا

سورة النساء - الجزء - 5 الآية - 86 الصفحة91

وَإِذَا حُيِّيتُم بِتَحِيَّةٍ فَحَيُّوا بِأَحْسَنَ مِنْهَا أَوْ رُدُّوهَا ۗ إِنَّ اللَّهَ كَانَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ حَسِيبًا

سورة النبأ - الجزء - 30 الآية - 29 الصفحة582

وَكُلَّ شَيْءٍ أَحْصَيْنَاهُ كِتَابًا

ماذا يحدث عندما يصل الجسم الى سرعة الضوء ؟

بالتعويض عن $v = c$ فى التحويلات السابقة :

فى معادلة تحويل الزمن :

$$t' = t\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

عند $v = c$

$$t' = t\sqrt{(1-\frac{c^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{c^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$t' = t\sqrt{(1-(1-\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$t' = t\sqrt{(1-1+\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$t' = t\sqrt{\frac{t^2_{pl}}{t^2}}$$

$$t' = t\,\frac{t_{pl}}{t}$$

اى أنه عند سرعة الضوء فان الزمن يساوى زمن بلانك اى مقدار ثابت

$$t' = t_{pl}$$

فى معادلة تحويل الطول :

$$x' = x\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

عند $v = c$

$$x' = x\sqrt{(1-\frac{c^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{c^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$x' = x\sqrt{(1-(1-\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$x' = x\sqrt{(1-1+\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

$$x' = x\sqrt{\frac{t^2_{pl}}{t^2}}$$

$$x' = x\,\frac{t_{pl}}{t}$$

وبوضع

$x = ct$ عند سرعة الضوء فإن:

$$x' = ct\,\frac{t_{pl}}{t}$$

$$x' = ct_{pl}$$

اى أنه عند سرعة الضوء فان الطول يساوى طول بلانك اى مقدار ثابت

$$x' = x_{pl}$$

أو على الصورة :

$$r' = r\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

فينتج أن:

$$r' = r_{pl}$$

ولايجاد الكتلة عند سرعة الضوء وطول بلانك

من الطول الموجي لدى برولى **De Broglie wavelength**

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{Mv\lambda}{2\pi} = \frac{Mv(2\pi r)}{2\pi} = Mvr$$

وعندما :يكون الطول مساويا لطول بلانك

$$r = r_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$$

فإن:

$$\hbar = Mv\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$$

وبتربيع الطرفين فإن:

$$\hbar^2 = M^2 v^2 \frac{\hbar G}{c^3}$$

ومنها:

$$\frac{\hbar c^3}{v^2 G} = M^2$$

وعندما $v = c$

فإن:

$$\frac{\hbar c^3}{c^2 G} = M^2$$

$$\frac{\hbar c}{G} = M^2$$

$$M = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$$

$$M = M_{pl}$$

اى ان الكتلة تصبح مساوية لكتلة بلانك عند سرعة الضوء

ولحساب القوة عند سرعة الضوء
نحسب أولا :
قيمة ثابت الجذب العام عند سرعة الضوء كالاتى:

$$G' = G[\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

عند $v = c$

$$G' = G[\sqrt{(1 - \frac{c^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{c^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$G' = G[\sqrt{(1-(1-\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$G' = G[\sqrt{(1-1+\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}]^2$$

$$G' = G[\sqrt{\frac{t^2_{pl}}{t^2}}]^2$$

$$G' = G\frac{t_{pl}}{t}$$

عند سرعة الضوء فان الزمن يساوى زمن بلانك اى مقدار ثابت

$$t' = t_{pl}$$

$$G' = G\frac{t_{pl}}{t_{pl}}$$

$$G' = G$$

اى ان ثابت الجذب العام يحتفظ بقيمته عند سرعة الضوء

نوجد القوة من قانون الجذب العام

$$F = G\frac{M^2}{r^2}$$

وعند سرعة الضوء وجدنا أن:

$$r' = r_{pl}$$

$$M = M_{pl}$$

$$G' = G$$

وبالتعويض فى المعادلة :

$$F = G\frac{\frac{\hbar c}{G}}{\frac{\hbar G}{c^3}}$$

$$F = G\frac{\hbar c^4}{\hbar G^2}$$

$$F = \frac{c^4}{G}$$

$$F = F_{pl}$$

اى أن القوة تساوى قوة بلانك عند سرعة الضوء

$$F' = F_{pl}$$

ولحساب الشحنة عند سرعة الضوء فإن:
نستخدم تعريف قوة الشحنة:

$$F = k_e \frac{q^2}{r^2}$$

وعند سرعة الضوء فان :

$$r' = r_{pl}$$

$$F' = F_{pl}$$

$$G' = G$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$F = k_e \frac{q^2}{r^2}$$

ينتج أن:

$$F_{pl} \frac{r^2{}_{pl}}{k_e} = q^2$$

$$\frac{G}{c^4} \frac{\frac{\hbar G}{c^3}}{k_e} = q^2$$

$$\frac{\hbar}{ck_e}=q^2$$

$$\sqrt{\frac{\hbar}{ck_e}}=q$$

$$q=q_{pl}$$

اى أن قيمة الشحنة عند سرعة الضوء هى شحنة بلانك
وتلاحظ أن جميع القيم ثوابت

لذا فانه عند سرعة الضوء فان الكميات تصبح ثوابت
الكميات الاساسية ثوابت وبالتالى الكميات المشتقة ايضا فضلا عن ثبوت قيم الثوابت عند سرعة الضوء وبالتالى فاننا نخلص الى نتيجة هامة هى ان كل شىء يكون ثابتا عند سرعة الضوء
فاذا كان الكون قد بدأ حركته عند سرعة الضوء فانه كان يحتوى على ثوابت فقط
اى مقادير ثابته معلومة

سورة القمر - الجزء - 27 الآية - 49 الصفحة530
إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

سورة الرعد - الجزء - 13 الآية - 8 الصفحة250
اللَّهُ يَعْلَمُ مَا تَحْمِلُ كُلُّ أُنْثَىٰ وَمَا تَغِيضُ الْأَرْحَامُ وَمَا تَزْدَادُ ۖ وَكُلُّ شَيْءٍ عِنْدَهُ بِمِقْدَارٍ

سورة الطلاق - الجزء 28 - الآية 3 - الصفحة558
وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ ۚ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ ۚ إِنَّ اللَّهَ بَالِغُ أَمْرِهِ ۚ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا

وكل هذه القيم الثابته كانت عند سرعة واحدة فقط هى سرعة الضوء

قال تعالى :

وَمَا أَمْرُنَا إِلَّا وَاحِدَةٌ كَلَمْحٍ بِالْبَصَرِ

تطبيقات نظرية الثوابت

تمهيد :

وضع تحويل لورنتز فى الصورة التفاضلية :

نضع تحويلات لورنتز السابقة التى حصلنا عليها فى نظرية الثوابت وهى:

$$x' = G_{11}\left(x - v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\,t\right)$$

$$t' = G_{11}\left(t - \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\,x\right)$$

$$M' = G_{11}M$$

$$q' = G_{11}q$$

$$T' = G_{11}T$$

$$mol' = G_{11}mol$$

$$\pi' = \pi\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}$$

$$sr' = G_{11}sr$$

$$cd' = G_{11} cd$$

هذه كانت تحويلات لورنتز للكميات الفيزيائية الأساسية فى نظرية الثوابت والتى يمكن من خلالها ايجاد تحويلات لورنتز لاى كمية فيزيائية مشتقة

بالاضافة لمعرفة هل الثابت موضع الدراسة ثابت كونى اى لا يتغير من إطار الى آخر كما اوضحنا سابقا

ليس هذا فحسب ولكنها تثبت صحة اى قانون من عدمه فالقانون الذى يتكافىء طرفاه يصبح قانونا صحيحا وسنبين ذلك فى مثال

مثلا تصور بوهر للذرة وتصور سمرفيلد
تخيل انك قد اكتشفت نظرية الثوابت فى ذلك العصر وطلبوا منك عمل إختبار لبيان صحة كلا من التصورين

ماذا ستفعل ؟
ستخضع كلا التصورين لنظرية الثوابت ومن يصمد منهما هو التصور الصحيح و التصور الذى لا يصمد هو تصور خاطىء

الآن نضع تحويلات لورنتز السابقة بنظرية الثوابت فى

الـصورة الـتفـاضلـية الاتـية

$$dx' = G_{11}(dx - v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dt)$$

$$dt' = G_{11}(dt - \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dx)$$

$$dM' = G_{11}dM$$

$$dq' = G_{11}dq$$

$$dT' = G_{11} dT$$

$$dmol' = G_{11} dmol$$

$$d\pi' = d\pi \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}\right)}$$

$$dsr' = G_{11} dsr$$

$$dcd' = G_{11} dcd$$

$$k_B{}' = k_B$$

$$\hbar' = \hbar$$

$$k_e{}' = k_e[\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2})}]^2$$

$$G' = G[\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2})}]^2$$

$$N_A{}' = N_A\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2})}$$

$$I_{vpl}{}' = \frac{I_{vpl}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}}$$

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}}$$

$$c' = c$$

$$c_M{}' = c_M \sqrt[4]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_q{}' = c_q \sqrt[4]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_T{}' = c_T \sqrt[8]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_{cd}{}' = c_{cd}\sqrt[3]{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_{mol}{}' = c_{mol}\sqrt[3]{1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_{sr}{}' = c_{sr}{}'$$

$$c_{rad}{}' = c_{rad}$$

تحويل لـورنـتـز الـعكسى هل هو تحويل لـورنـتزى

$$dx = G_{11}\left(dx' + v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dt'\right)$$

$$dt = G_{11}\left(dt' + \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dx'\right)$$

$$dM = G_{11}dM'$$

$$dq = G_{11} dq'$$

$$dT = G_{11} dT'$$

$$dmol = G_{11} dmol'$$

$$d\pi = d\pi' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} \left(1 - \frac{c^2}{v^2} \frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$dsr = G_{11} dsr'$$

$$dy = dy'$$

$$dz = dz'$$

$$k_B = (k_B)'$$

$$\hbar = (\hbar)'$$

$$k_e = (k_e)'[\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}^{\,2}}{t^2})}]^2$$

$$G = G'[\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}]^2$$

$$N_A = (N_A)'\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}$$

$$I_{vpl} = \frac{(I_{vpl})'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}}$$

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}}$$

$$c = c'$$

$$c_M = (c_M)'\sqrt[4]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_q = (c_q)'\sqrt[4]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_T = (c_T)' \sqrt[8]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_{cd} = (c_{cd})' \sqrt[3]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_{mol} = (c_{mol})' \sqrt[3]{1 - \frac{v^2}{c^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}\right)}$$

$$c_{sr} = {c_{sr}}'$$

$$c_{rad} = c_{rad}'$$

تحت تحويل لورنتز العكسى يحتفظ التعبير

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2 - \frac{G^2}{c_M{}^4}dM^2 - \frac{k_eG}{c_q{}^4}dq^2 - \frac{G^2k_B{}^2}{c_T{}^8}dT^2 - \frac{\hbar G(N_A)^2}{c_{mol}{}^3}dmol^2 - \frac{\hbar G}{c_{cd}{}^3(I_{vpl})^2}dcd^2 - \frac{\hbar G}{c_{(rad)}{}^3}d(\frac{180}{\pi})^2 - \frac{\hbar G}{c_{sr}{}^3}dsr^2$$

بصورته فإذا رمزنا لهذا التعبير بالرمز ds^2

وهو يعبر عن مربع عنصر الطول فى الفضاء الحادى عشر

فإنه بإستخدام تحويل لورنتز العكسى نجد أن:

$$ds^2 = G_{11}{}^2(dx' + v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}}dt')^2$$

$$+(dy')^2 + (dz')^2$$

$$-c^2G_{11}{}^2(dt' + \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t_{pl}{}^2}{t^2}}dx')^2$$

$$-\frac{G^2}{c_M{}^4}(dM)^2 - \frac{k_e G}{c_q{}^4}(dq)^2 - \frac{G^2 k_B{}^2}{c_T{}^8}(dT)^2$$

$$-\frac{\hbar G(N_A)^2}{c_{mol}{}^3}(dmol)^2 - \frac{\hbar G}{c_{cd}{}^3(I_{vpl})^2}(dcd)^2$$

$$-\frac{\hbar G}{c_{(rad)}{}^3}(d\frac{180}{\pi})^2 - \frac{\hbar G}{c_{sr}{}^3}(dsr)^2$$

وبالتعويض عن قيم تحويلات الثوابت و تحويلات الكميات الفيزيائية الاساسية ينتج أن:

$$= dx'^2 + dy'^2 + dz'^2 - c'^2 dt'^2 - \frac{G'^2}{{c_M}'^4} dM'^2 - \frac{{k_e}' G'}{{c_q}'^4} dq'^2$$

$$- \frac{G'^2 {k_B}'^2}{{c_T}'^8} dT'^2 - \frac{\hbar' G' ({N_A}')^2}{{c_{mol}}'^3} dmol'^2 - \frac{\hbar' G'}{{c_{cd}}'^3 ({I_{vpl}}')^2} dcd'^2$$

$$- \frac{\hbar' G'}{{c_{(rad)}}'^3} d(\frac{180}{\pi}')^2 - \frac{\hbar' G'}{{c_{sr}}'^3} dsr'^2 = (ds')^2$$

وسيفيدنا هذا الاثبات بطريقة غير مباشرة فى ايجاد قانون جمع السرعات فى نظرية الثوابت وهو وان كان يختلف عن قانون جمع السرعات فى النسبية الخاصة الا انه يعود الى نفس صيغته من قانون التناظر عند $t_{pl} = 0$

قانون جمع السرعات فى نظرية الثوابت:

من تحويل لورنتز العكسى

$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{G_{11}(dx' + v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dt')}{G_{11}(dt' + \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dx')}$$

$$u = \frac{(dx' + v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dt')}{(dt' + \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}dx')}$$

$$u = \frac{\left(u' + v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\right)}{\left(1 + \frac{vu'}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\right)}$$

وعلى ذلك يمكن كتابة قانون جمع السرعات فى نظرية الثوابت كالاتى:

$$u = \frac{\left(v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}} + w\right)}{\left(1 + \frac{vw}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\right)}$$

وعند $t_{pl} = 0$ فإن القانون يعود الى صيغته فى النسبية الخاصة كالاتى:

$$u = \frac{(v + w)}{(1 + \frac{vw}{c^2})}$$

التفسير الهندسى لقانون جمع السرعات

ويمكن تفسير قانون جمع السرعات هندسيا كالاتى:

$$u = \frac{v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}} + w}{1 + \frac{vw}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}}$$

$$\frac{iu}{c}=\frac{\frac{iv}{c}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}+\frac{iw}{c}}{1+\frac{vw}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}}$$

$$\frac{iu}{c}=\frac{\frac{iv}{c}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}+\frac{iw}{c}}{1-\frac{iviw}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}}$$

وذلك بوضع التحويل الاتى:

$$\tan\theta = \frac{iu}{c}$$

وبالتالى فإن :

$$\tan\theta_1 = \frac{iv}{c}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}$$

و أيضا :

$$\tan\theta_2 = \frac{iw}{c}$$

وبالتعويض:

$$\tan\theta = \frac{\tan\theta_1 + \tan\theta_2}{1 - \tan\theta_1 \tan\theta_2}$$

$$\tan\theta = \tan(\theta_1 + \theta_2)$$

$$\theta = (\theta_1 + \theta_2)$$

اى انـه مجموع زاويـتين

فـإذا كـانـت المحاور قـد دارت بـزاويـة θ_1 فى المـرة الأولى

ودارت بـزاويـة θ_2 فى المرة الـثـانـيـة فمن الـبـديـهى ان هذا يـعنى انها قـدارت بـزاويـة تـساوى مجموع الـزاويـتين

$$\theta = (\theta_1 + \theta_2)$$

<u>بن نظرية الثوابت والعامة</u>

المطلوب ايجاد تحويلات لورنتز فى نظرية الثوابت لجسم يتحرك بسرعة نسبية تساوى سرعة الهروب

ومقارنتها بتحويلات لورنتز فى النسبية العامة

نبدأ الان وسنستخدم قوانين نيوتن ونظرية الثوابت ثم نقارنها مع نتائج النسبية العامة

<u>ايجاد سرعة الهروب</u>

<u>ساستعن هنا بمقالة لدكتور الصادق</u>
جامعة كيب تاون بجنوب افريقيا

اذا قمنا بقذف حجر راسيا الى اعلى من سطح الارض بسرعة قبل ان يسقط y يقطع مسافة راسية فان الحجر سوف v , مرة اخرى ولكن مرة اخرى الى الارض والان دعنا نقذف الحجر هذه المرة بسرعة اكبر فنجد ان الحجر سوف يقطع مسافة اكبر ان الجاذبية الارضية سوف تتغلب عليه وتجعله يسقط مرة الا ولكن اذا قذفنا الحجر بسرعة كبيرة , اخرى الى سطح الارض

يتغلب على جدا اكبر من سرعة الافلات فان الحجر سوف
الجاذبية الارضية ولن يسقط مرة اخرى بل سوف يهرب تماما
من الارض
اى لكى يفلت الحجر من جاذبية الارض لابد على الاقل ان
تساوى طاقته طاقة الحركية الجذب التثاقلى للارض

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{GMm}{R}$$

حيث M الارض هى كتلة , m الحجر كتلة, R و الارض نصف قطر
ثابت الجذب العام G
وهذه المعادلة تقودنا الى ان مربع السرعة يعطى ب

$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$

الى هنا انتهى الاقتباس

تحويلات لورنتز للزمكان هى:

$$x' = G_{11}\left(x - v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\,t\right)$$

$$t' = G_{11}\left(t - \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2}}\,x\right)$$

انكماش فتزجيرالد_لورنتز Fitzgerald_Lorentz contraction

من المعادلة:

$$t' = G_{11}\left(t - \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,x\right)$$

وعند $t' = 0$

فإن:

$$t = \frac{v}{c^2}\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,x$$

وبالتعويض فى المعادلة:

$$x' = G_{11}\left(x - v\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,t\right)$$

ينتج أن:

$$x' = G_{11}\left(x - v\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,\frac{v}{c^2}\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}}\,x\right)$$

اى ان:

$$x' = G_{11}\left(x - \frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)x\right)$$

ومنها:

$$x' = G_{11}x\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)$$

وبالتعويض عن

$$G_{11} = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}\right)\right)}}$$

ينتج أن:

$$x' = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}} x(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))$$

اى أن:

$$x' = x\sqrt{(1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{t^2_{pl}}{t^2}))}$$

الان بالتعويض عن السرعة النسبية بسرعة الهروب:

$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$

فى انكماش فتزجيرالد_لورنتز
Fitzgerald_Lorentz contraction

و الصورة التفاضلية له هى:

$$dx' = dx\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}(1 - \frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}$$

كـا لاتـى:

$$dx' = dx\sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}(1 - \frac{Rc^2}{2GM}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}$$

تـذكـر هـذه المعادل جيدا

الآن من مبدأ الـتـنـاظر فـإن نـظريـة الـثـوابـت تـعـود الى

نـظريتها الـنسبيـة الخاصة عند $t_{pl} = 0$

اى تـصبح:

$$dx' = dx\sqrt{1-\frac{2GM}{Rc^2}}$$

هذه المعادلة تعطى انكماش فيتزجيرالد لورنتز لجسم يتحرك بسرعة نسبية تساوى سرعة الهروب تبعا للنظرية النسبية الخاصة

:يمكن وضعها فى الصورة

$$dx = dx'(1-\frac{GM}{Rc^2})^{\frac{1}{2}}$$

:او فى الصورة

$$dx' = dx(1-\frac{GM}{Rc^2})^{\frac{-1}{2}}$$

وهذه المعادلة تحديدا هى :

انكماش الطول فى حقل جاذبي فى النسبية العامة

$$ds = \left(1-\frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1/2} dr\,, \qquad (36)$$

و الـزمـن المحلـى هـو :

$$d\tau = dt\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}(1-\frac{c^2}{v^2}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}$$

وبـالـتـعـويـض عن سرعة الهروب

$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$

تـصبح :

$$d\tau = dt\sqrt{1-\frac{2GM}{Rc^2}(1-\frac{Rc^2}{2GM}\frac{{t_{pl}}^2}{t^2})}$$

ويـكـافـئـهـا فى الـنـسـبـيـة الخاصة المعادلـة :

$$d\tau = dt\sqrt{1-\frac{2GM}{Rc^2}}$$

لتمدد الوقت فى حقل الجاذبية :

تمدد الوقت في حقل الجاذبية

(r, Θ, ϕ)

أي

$dr = d\Theta = d\phi = 0$

لدينا

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 \, . \qquad (34)$$

هى العلاقة بين الزمن المحلى وطول القوس ،

$d\tau^2 = -\frac{1}{c^2} ds^2$

لذلك الساعات تبطىء فى حقل الجاذبية .

$$d\tau = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{1/2} dt \, , \qquad (35)$$

اى أن الزمن المحلى فى النسبية الخاصة بالتعويض
عن سرعة الهروب ستجده مكافئالتمدد الوقت فى حقل
الجاذبية

افكار من ميكانيكا الكم

مشغل لابلاس فى ١١ بعد

مشغل لابلاس فى بعدين:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

مشغل لابلاس فى ثلاثة ابعاد:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}.$$

مشغل لابلاس فى اربعة ابعاد:

$$\Box = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

الان لايجاد مشغل لابلاس فى ابعاد اعلى

نلاحظ ان الابعاد الاربعة الاولى هى ثلاثة ابعاد للمكان هى

اطوال ثم البعد الرابع الزمن
وهى جميعها ابعاد فيزيائية اساسية او كميات فيزيائية اساسية
وبفرض الكميات الفيزيائية الاساسية هى ابعاد
نضع الكتلة وهو احد الكميات الفيزيائية الاساسية كبعد خامس
يصبح مشغل لابلاس فى خمسة ابعاد هو:

$$\frac{c^4}{G^2}\frac{\partial^2}{\partial M^2}+\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}-\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2}{\partial y^2}-\frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

وباخذ الشحنة بعد سادس على اعتبار انها كمية فيزيائية اساسية
فان مشغل لابلاس فى البعد السادس يصبح:

$$\frac{c^2}{\sqrt{Gk}}\frac{\partial^2}{\partial q^2}+\frac{c^4}{G^2}\frac{\partial^2}{\partial M^2}+\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}-\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2}{\partial y^2}-\frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

وهكذا الى ١١ بعد

معادلة كلاين جوردون

$$\partial_x^2\psi + \partial_y^2\psi + \partial_z^2\psi - \frac{1}{c^2}\partial_t^2\psi - \frac{m^2c^2}{\hbar^2}\psi = 0.$$

ملاحظة :

مشغل دالمبرت هو :

$$\Box u \equiv \Delta u - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

هو:

مشغل لابلاس فى اربعة ابعاد:

$$\Box = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

وبالتالى فان معادلة كلاين جوردون هى معادلة فى اربعة ابعاد يمكن تطويرها كما سبق

ويمكن وضع معادلة كلاين جوردون فى الصورة:

$$\nabla^2\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\psi = \frac{m^2c^2}{\hbar^2}\psi$$

حيث الطرف الايسر هو مشغل دالمبرت:

$$\Box u \equiv \Delta u - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

اى ان معادلة كلاين جوردون يمكن تطويرها لتحتوى فى الطرف الايسر على

مشغل لابلاس فى ١١ بعد يشمل بقية الابعاد الفيزيائية الاساسية

<u>مشغل لابلاس لا اقليدى فى ١١ بعد</u>

مشغل لابلاس فى بعدين:

$$\Delta f - \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

ويكون التصور كالاتى :

مشغل لابلاس لا اقليدى فى بعدين:

$$\Delta f = \frac{1}{g_{11}}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{1}{g_{12}}\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} + \frac{1}{g_{21}}\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} + \frac{1}{g_{22}}\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

مشغل لابلاس فى ثلاثة ابعاد:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}.$$

مشغل لابلاس لا اقليدى فى ثلاثة ابعاد:

$$\Delta f = \frac{1}{g_{11}}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{1}{g_{12}}\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} + \frac{1}{g_{13}}\frac{\partial^2 f}{\partial z \partial x} + \frac{1}{g_{21}}\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} + \frac{1}{g_{22}}\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{1}{g_{23}}\frac{\partial^2 f}{\partial z \partial y} + \frac{1}{g_{31}}\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial z} + \frac{1}{g_{32}}\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial z} + \frac{1}{g_{33}}\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

مشغل لابلاس فى اربعة ابعاد:

$$\Box = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

او ما يطلق عليه مشغل د المبرت

$$\Box u \equiv \Delta u - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

ويكون مشغل لابلاس اللا اقليدى فى اربعة ابعاد هو:

$$\Delta f=\frac{1}{g_{11}}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{1}{g_{12}}\frac{\partial^2 f}{\partial y\partial x}+\frac{1}{g_{13}}\frac{\partial^2 f}{\partial z\partial x}+\frac{1}{g_{14}}\frac{\partial^2 f}{\partial t\partial x}+\frac{1}{g_{21}}\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}+\frac{1}{g_{22}}\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}+\frac{1}{g_{23}}\frac{\partial^2 f}{\partial z\partial y}+\frac{1}{g_{24}}\frac{\partial^2 f}{\partial t\partial y}+\frac{1}{g_{31}}\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial z}+\frac{1}{g_{32}}\frac{\partial^2 f}{\partial y\partial z}+\frac{1}{g_{33}}\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}+\frac{1}{g_{34}}\frac{\partial^2 f}{\partial t\partial z}+\frac{1}{g_{41}}\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial t}+\frac{1}{g_{42}}\frac{\partial^2 f}{\partial y\partial t}+\frac{1}{g_{43}}\frac{\partial^2 f}{\partial z\partial t}+\frac{1}{g_{44}}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

و هكذا يمكن عمل مؤثرات لا اقليدية فى ١١ بعد

بين النسبية العامة و الكم

النسبية الخاصة اندمجت مع الكم فى معادلة كلاين جوردون لكن النسبية العامة والكم لم يتحدان ابدا

على ما هم عليه وهما غير متسقان تماما وهذا يقودنا الى القول ان احدهما قد يكون خاطئا

لكننا اذا تنبهنا الى ملاحظة بسيطة قد نعود ادراجنا مرة اخرى فى التفكير

بنيت نظرية الكم على المؤثرات والمؤثرات المستخدمة فى الكم هى مؤثرات خطية لذا فمن الطبيعى ان تتفق

مع معادلات النسبية الخاصة الخطية ايضا

هذا يبدو طبيعيا جدا

ويبدو طبيعيا ايضا بالتالى الا تتفق النسبية العامة اللاخطية مع الكم الخطية

والفكرة السهلة هى انشاء مؤثرات لا خطية

وان نفعل كما فعلنا بالتعويض عن مؤثر الطاقة وكمية الحركة الخطية فى معادلة الطاقة فى النسبية الخاصة

لانشاء الكم النسبوى

ان نعوض بمؤثر الطاقة ومؤثر الزمكان اللاخطيان فى معادلة النسبية العامة

فيتحد الاثنان معا فى الحقيقة انه تم تعميم النسبية ولم يتم تعميم الكم

والله لى التوفيق
مقدمه لسيادتكم اخوكم / محمدابوزيد