

## Gravitational Energy Levels: Part Two

Edward S. Tannous

**Abstract:** We present here a model that explains in a simple, easy and summarized manner, the values, meaning and reasons for the force of gravity, using simple physical tools. According to this model, a gravitational field actually creates different energy levels, similar to the atom, around the center of mass of the gravitational source, and a transition between the energy levels results in the creation of the force of weight acting on each small body which is in the gravitational field. As the body approaches a gravitational field, its energy value decreases to a value of  $mou^2(R)$ , proportional to the distance  $R$  between the centers of the masses, when  $u(R)$  is the magnitude of the self-speed of light vector (the progression in the time axis) of the small body, and its value decreases as it approaches the center of the origin of the field. This change in the energy levels is the cause of the force of gravity. A formula is obtained for the concept of potential gravitational energy and the variables on which it depends, and for the time differences between two frames that are in the gravitational field, taking into account the motion and location of each frame. It is obtained from this model that the speed of light is also a variable value as a result of the effect of the gravitational field.

**Keywords:** Force of gravity, potential energy, kinetic energy, time differences between frames, gravitational curvature of light beams.

## مستويات طاقة الجاذبية: الجزء الثاني

### أدوار صليبيا طنوس

المستخلص: يتلخص هذا البحث، بمعالجة النظرية النسبية العامة، من منظور مختلف عما طرحه العالم ألبرت أينشتاين، وذلك طبقاً لقوانين أساسية في الفيزياء وأهمها قانون حفظ الطاقة. ويبرز وفقاً لهذا البحث، ومن خلال استخدام أدوات فيزيائية بسيطة، بطريقة منطقية، موجزة، سهلة ومختصرة، نموذج فيزيائي خاص، يشرح طبقاً له، القيم الدقيقة والمعنى الحقيقي وأسباب قوة الجاذبية بين الكتل. وفقاً لهذا النموذج، فإن مجال الجاذبية على غرار الذرة يخلق مستويات طاقة مختلفة بالفعل، حول مركز كتلة مصدر الجاذبية، وينتج عن الانتقال بين مستويات الطاقة إنشاء قوة الوزن المؤثرة على كل جسم صغير وهو في مجال الجاذبية. عندما يقترب الجسم من حقل الجاذبية، تنخفض قيمة طاقته من  $moc^2$  (في حالته الحرة) إلى قيمة  $mou^2(R)$  متناسبة مع المسافة  $R$  بين مراكز الكتلتين، حيث تنخفض قيمة مقدار المتجه لسرعة الضوء الذاتي  $u(R)$  (السرعة في المحور الزمني) للجسم الصغير، كلما اقترب من مركز أصل المجال. مع الأخذ في الاعتبار حركة كل إطار ومن خلالها، يتم الحصول على معادلة دقيقة لمفهوم الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) والمتغيرات التي تعتمد عليها، وللاختلافات الزمنية بين إطارين موجودين في مجال الجاذبية، كما يتم الحصول من هذا النموذج على أن سرعة الضوء هي أيضاً قيمة متغيرة نتيجة لتأثير حقل الجاذبية.

الكلمات المفتاحية: قوة الجاذبية، الطاقة الكامنة، الطاقة الحركية، الفروق الزمنية بين الإطارات، الانحراف الضوئي الثقالي.

## المقدمة.

تعتبر هذه المقالة استمراراً للمقالات السابقة المعنونة تحت اسم "الكتلة السلبية" كما هو موضح في المرجع باللغة العربية [1]، باللغة الإنكليزية [2] و"زاوية الطاقة" كما هو موضح في المرجع [3]، والتي تقدم بدورها نموذجاً لجسم، وفقاً لنظرية النسبية الخاصة، والتي هي في حركة ثابتة في الفضاء (بسرعات عالية قريبة من سرعة الضوء)، بحيث يكون للجسم سرعة مساوية لسرعة الضوء في الزمكان، ولها زاوية طاقة وكتلة سالبة. يوضح هذا النموذج أن كل جسم يتحرك بسرعة الضوء في الزمكان، وفي اتجاه مختلف، وهو ما يسمى "المتجه لسرعة الضوء الذاتي"، اعتماداً على سرعة كل جسم بالنسبة لجسم آخر.

تشير ورقة البحث الحالية كذلك إلى النظرية النسبية العامة لأينشتاين كما هو موضح في المرجع [4]. وتقدم إجابات متنوعة من خلال استخدام القوانين الأساسية للفيزياء، والتي تمثل بدورها حجر الزاوية في هذا العلم، وخاصة قانون حفظ الطاقة كما هو موضح في المرجع [5] وقوانين نيوتن [6]، لقضايا مختلفة في الفيزياء، مثل الثقب الأسود [7]. تعطى صيغة ألبرت أينشتاين التي تصف الطاقة الباقية للجسم بكتلة  $m$  بواسطة الصيغة  $E = mc^2$  [8]. تنقسم الطاقة إلى قسمين كما ورد في المقالات السابقة [1] [2] [3]:

$$أ- \text{ طاقة الوقت الذاتي } E_{st};$$

والتي تحدد مقدار الطاقة المتبقية في الكتلة نتيجة السرعة.

$$ب- \text{ الطاقة الحركية للحالة } E_{\alpha}$$

هي الطاقة التي يحملها الجسم بداخله في الإطار المرجعي نتيجة السرعة.

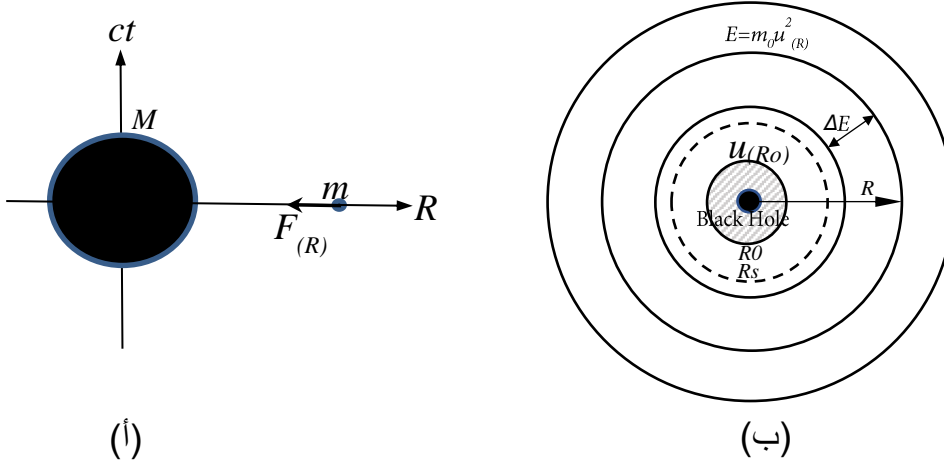
تشمل الطاقة الحركية للحالة أيضاً أشكالاً أخرى من الطاقة وليس فقط الطاقة الحركية، مثل الطاقة الكامنة (الوضع). لذلك فإن الطاقة الكلية للجسم هي:  $E = E_{st} + E_{\alpha}$ . في حالة كون الجسم حراً، أي خارج مجال الجاذبية:  $E = E_0 = E_{st} + E_{\alpha} = m_0 c^2$ . وفي هذه المقالة، يتم عرض الطاقة الكلية للجسم في مجال الجاذبية، بحيث تكون أقل من  $m_0 c^2$ ، وفقاً لمعطيات مصدر المجال والابعاد.

### 1- جسم صغير في مجال جاذبية، مصدرها كتلة كبيرة

نشير في البداية إلى جسم صغير يقترب من جسم كبير تحت تأثير مجال الجاذبية. يفقد الجسم بعضاً من طاقة وقته الذاتية  $E_{st}$ ، لأنها تمارس بواسطة قوة الجاذبية  $F_{(R)}$ ، وهي قوة محافظة.

حجم الطاقة التي يفقدها يساوي مقدار العمل المستثمر وهو:  $\int_R^{\infty} F(R) dR$ ، حيث  $R$  هي المسافة بين مركز

الجسم الصغير  $m$  ومركز الجسم الكبير  $M$ ، كما هو موضح في الشكل 1 (أ):



الشكل (1) (أ): جسم صغير  $m$  تحت تأثير مجال الجاذبية لجسم كبير  $M$ .

(ب): وصف مستويات الطاقة للثقب الأسود، مع الإشارة إلى الأفق الصفري  $R_0$  و أفق الحدث  $R_s$ . طبقا لذلك، فإن طاقة الوقت الذاتي (طاقة الكتلة)  $E_{st}$  للجسم الصغير ستخف، من  $m_0c^2$  (في حالته الحرة)، كلما اقترب من الجسم الكبير. هذا الانخفاض في قيمة الطاقة ليس على حساب حجم الكتلة (التي لا تتغير، بطبيعة الحال)، ولكن على حساب المتجه لسرعة الضوء الذاتي الذي أشرنا إليه في المقال السابق في  $C'$  [1]. لكن، بسبب تأثير مجال الجاذبية، نحدد المتجه لسرعة الضوء الذاتي بواسطة  $U_{(R)}$ ، نظرا لأن قيمته لا يساوي سرعة الضوء، ولكنه أصغر كلما اقترب من مركز الكتلة الكبيرة، التي تشكل مصدر مجال الجاذبية. لذلك فإن مجال الجاذبية، يعتمد على المسافة  $R$  (البعد بين مركز الكتلتين)، بالتالي نعرف قيمته المطلقة:  $|U_{(R)}| = u_{(R)} < c$ .  
نحسب طاقات الجسم تحت تأثير مجال الجاذبية على مسافة  $R$ ، حيث الجسم  $m_0$  في حالة سكون بالنسبة إلى  $M$ ، أي ان زاوية الطاقة  $\alpha = 0$  كما هو موضح في الشكل 2 (أ):

طاقة الوقت الذاتي (طاقة الكتلة):

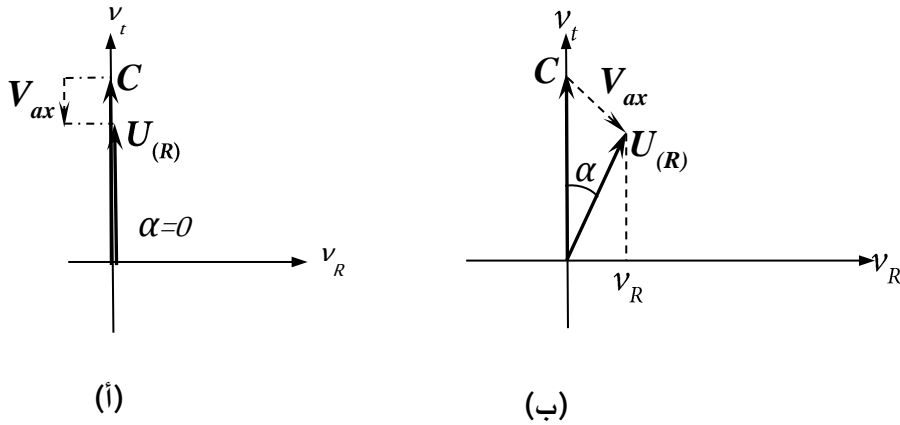
$$[1] \quad E_{st} = m_0 C U_{(R)} = m_0 c u_{(R)}$$

حيث:

$C$  - المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الكبير.

$U_{(R)}$  - المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الصغير.

$u_{(R)}$  - القيمة المطلقة للمتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الصغير، أي  $|U_{(R)}|$ .



الشكل (2) (أ) تبيان المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الكبير  $C$  والجسم الصغير  $U_{(R)}$ ، في حالة السكون. (ب) تبيان المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الكبير  $C$  والجسم الصغير  $U_{(R)}$ ، يتحرك بسرعة  $v_R$ .

الطاقة الحركية للحالة، وهي الطاقة الكامنة (الوضع) فقط في هذه الحالة، حيث لا توجد حركة في الاتجاه  $R$ :

$$[2] E_{\alpha} = m_0 U_{(R)} \underbrace{(U_{(R)} - C)}_{V_{ax}} = m_0 u^2_{(R)} - m_0 c u_{(R)}$$

لذلك، فإن الطاقة الإجمالية للجسم الصغير تحت تأثير مجال الجاذبية هي:

$$[3] E = E_{st} + E_{\alpha} = m_0 u^2_{(R)}$$

في المرحلة الأولية، إذا كان جسم صغير  $m_0$  في حالة سكون على مسافة  $R$  من جسم كبير  $M$ ، فيتم حساب مقدار العمل المطلوب، بواسطة "قوة محافظة" وهي قوة متغيرة وفقاً لذلك، لتحريك الجسم إلى حالة حرة تماماً، أي خارج تأثير الجاذبية، باستخدام قانون نيوتن للجاذبية:

$$[4] W_{(R \rightarrow \infty)} = \int_R^{\infty} F_{(R)} dR = \int_R^{\infty} m_0 \frac{GM}{R^2} dR = m_0 \frac{GM}{R}$$

حيث  $G$  هو ثابت الجاذبية لنيوتن.

وفقاً لقانون حفظ الطاقة، فإن مقدار العمل الذي حسبناه في الصيغة 4 هو نفس كمية الطاقة التي يفقدها الجسم بإقتربه في مجال الجاذبية لمسافة  $R$ ، أي،  $W_{(R \rightarrow \infty)} = W_{(\infty \rightarrow R)}$ . هذا المقدار من الطاقة (العمل) هو المقدار الذي يفقده الجسم من طاقة الوقت الذاتي (طاقة الكتلة).

من خلال استخدام الصيغة 1، نحصل على الفرق بين طاقة الوقت الذاتي (طاقة الكتلة) في حالة حرة تماماً (خارج مجال الجاذبية)  $E_{st} = m_0 c^2$  والطاقة تحت تأثير الجاذبية  $E_{st} = m_0 c u_{(R)}$  هو مقدار العمل الذي حسبناه في الصيغة 4:

$$[5] \Delta E_{st} = m_0 c^2 - m_0 c u_{(R)} = W_{(R \rightarrow \infty)} = m_0 \frac{GM}{R}$$

وهكذا:

نتحصل على مقدار قيمة المتجه لسرعة الضوء الذاتي لكل جسم صغير، والذي يقع على مسافة  $R$  من جسم كبير (نجم) مع مجال جاذبية:

$$[6] \quad u_{(R)} = c - \frac{GM}{cR}$$

$u_{(R)}$  هو مقدار المتجه لسرعة الضوء الذاتي لجسم صغير في الزمكان تحت تأثير مجال الجاذبية، ودائما ما يكون أصغر من سرعة الضوء  $c$  في قيمته المطلقة.

لذلك، من خلال الصيغة 6، يمكن استخلاص عدد من الاستنتاجات:

1- الطاقة: المتجه لسرعة الضوء الذاتي لكل جسم على مسافة  $R$  ستكون ذو قيمة  $u_{(R)}$ ، لذلك ففي كل حالة وجودية سيكون إجمالي الطاقة لديها  $E = m_0 u_{(R)}^2$ . أي مجموع طاقة الوقت الذاتي (طاقة الكتلة)  $E_{st}$  والطاقة الحركية للحالة  $E_\alpha$  دائما  $E = E_{st} + E_\alpha = m_0 u_{(R)}^2$ . فعندما يقترب الجسم من الجسم الكبير، ستخفض طاقته وفقا لذلك.

2- الأفق الصفري  $R_0$ : هي الحالة التي يكون فيها:

$$[7] \quad R_0 = \frac{GM}{c^2}$$

من خلال الصيغة 6، يبدو أن المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم في هذه الحالة ستكون مساوية للصفر، أي أنه لا يمكن أن يتحرك في أي اتجاه أي كانت الزاوية الطاقة. إضافة إلى أن طاقة الجسم الصغير تصبح مساوية للصفر  $E = E_{st} = E_\alpha = 0$ ، وبذلك فسيكون في حالة تجمد في الزمن، أي أن وقته لا يتقدم في هذا الأفق. في حالة تواجد الأفق الصفري خارج كتلة الجسم الكبير (النجم)، فهو ثقب أسود. يمكن ملاحظة ذلك في الشكل 1 (ب).

3- الوقت: كل جسم في حالة راحة، على مسافة  $R$ ، سيكون له وقت أبطأ من الجسم الحر بفارق

$$\Delta T = \frac{cT - u_{(R)}T}{c} = \frac{GM}{c^2 R} T = \frac{R_0}{R} T$$

4- الكتلة: على الرغم من أن الكتلة  $m_0$  لا تتغير في الشكل والتركيب، إلا أن قيمتها المقاسة  $m$  (الكتلة الفعالة) صغيرة تحت تأثير مجال الجاذبية. لأن طاقة الوقت الذاتي (طاقة الكتلة) أصغر

$$E_{st} = m_0 c u_{(R)} = m_0 c^2 \cos \alpha = m c^2$$

( $\alpha$ ) هي الزاوية الطاقة، بافتراض أن الجسم يتحرك في اتجاه ما في الفضاء الإقليدي  $(x, y, z)$ ، بحيث تكون سرعته

$v = u_{(R)} \sin \alpha$ . [1] [2] [3] نحصل على كتلة فعالة في هذه الحالة:

$$[8] \quad m = m_0 \frac{u_{(R)}}{c} \cos \alpha = m_0 \left( 1 - \frac{GM}{c^2 R} \right) \cos \alpha = m_0 \left( 1 - \frac{R_0}{R} \right) \cos \alpha$$

5- قوة الجاذبية: [9] يتم إنشاؤها في الواقع نتيجة للانتقال بين مستويات الطاقة المختلفة، انظر الشكل 1 (ب).

6- سرعة الضوء: يبدو أن سرعة الضوء تحت تأثير مجال الجاذبية تساوي  $u_{(R)}$ ، لاحظ أدناه.

2- الطاقة الكامنة (الوضع)

فشل العديد من الفيزيائيين في تفسير حقيقة أن الطاقة الكامنة  $E_p = mg\Delta R$  يعتمد بشكل يتناسب طرديا مع قيمة البعد  $R$ . أي أنه كلما ابتعدنا عن النجم، زادت الطاقة الكامنة، ولكن إذا حددنا قيمة  $g = \frac{GM}{R^2}$ ، فنتحصل

$$\text{بذلك: } E_p = m \frac{GM}{R^2} \Delta R, \text{ حيث تتناسب الطاقة الكامنة عكسيا مع } R.$$

بالإضافة إلى ذلك، هناك سؤال آخر يتمثل، فيما إذا كانت الطاقة الكامنة موجبة أم سلبية. لذا سوف نقدم هنا تعبيرا دقيقا عن طاقة الكامنة (الوضع) للجاذبية.

الطاقة الحركية للحالة  $E_\alpha$  هي الطاقة التي تحتوي بداخلها على طاقتين، كل من الطاقة الحركية والكامنة. إذا أخذنا جسما في حالة راحة على مسافة  $R$  كما هو موضح في الشكل 2 (أ)، في هذه الحالة تكون كل الطاقة الحركية للحالة طاقة كامنة، لأن الجسم في حالة راحة، كما حصلنا عليه في الصيغة 2. إذا حددنا قيمة  $u(R)$  من الصيغة 6، نحصل على التعبير عن الطاقة الكامنة:

$$[9] \quad E_p = E_{\alpha=0} = m_0 \left( \frac{G^2 M^2}{c^2 R^2} - \frac{GM}{R} \right)$$

يمكن أيضا كتابة الطاقة الكامنة، باستخدام الصيغة 7، على النحو التالي:

$$[10] \quad E_p = m_0 \frac{GM}{R} \left( \frac{R_0}{R} - 1 \right)$$

إذا قمنا بتحليل معادلة الطاقة الكامنة  $E_p$ ، فيبدو أن لها دائما قيمة سلبية (بافتراض  $R \geq R_0$ ). كذلك نحصل على أن الطاقة الكامنة تساوي الصفر في مكانين،  $E_p = 0$ ، when  $\begin{cases} R = R_0 \\ R = \infty \end{cases}$ . ويتم الحصول على الحد الأدنى للقيمة عندما تكون  $R$  مساوية لـ:

$$[11] \quad R_s = 2 \frac{GM}{c^2} = 2R_0$$

وبذلك فإن هذا هو نصف قطر شفارتزشيلد الذي يمثل أفق الحدث [10] [11].

من السهل إظهار أنه إذا قمنا بحساب الفرق في الطاقة الكامنة بين مستويين قريبين من بعضهما البعض  $R_1$  و  $R_2$  (حيث  $R_2 > R_1$ )، تحت تأثير مجال الجاذبية الضعيف (مثل الأرض)، نحصل على:

$$\Delta E_p \approx m_0 \frac{GM}{R^2} \underbrace{(R_2 - R_1)}_h = m_0 g h$$

### 3- الطاقة الحركية

كما تم ذكره سابقا، فإن طاقة الحالة الحركية  $E_\alpha$  تحتوي بداخلها على نوعين من الطاقة، الطاقة الحركية والطاقة الكامنة، أي:

$$[12] \quad E_\alpha = E_p + E_k$$

يوضح الشكل 2 (ب) جسما على مسافة  $R$  يتحرك بسرعة  $v = u(R) \sin \alpha$ ، لها سرعة ذاتية لمتجه الضوء  $U(R)$ . ستكون الطاقة الحركية للحالة:

$$E_\alpha = m_0 U_{(R)} (U_{(R)} - C) = m_0 u_{(R)}^2 - m_0 c u_{(R)} \cos \alpha$$

عندما نقوم بطرح قيمة الطاقة الكامنة (الصيغة 10) من الطاقة الحركية للحالة، نحصل على القيمة الدقيقة للطاقة الحركية:

$$[13] \quad E_k = m_0 c u_{(R)} (1 - \cos \alpha) = 2m_0 c u_{(R)} \sin^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right)$$

في مجال جاذبية ضعيف وبسرعات منخفضة، باستخدام تقديرات تقريبية  $\sin^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right) \approx \left( \frac{\alpha}{2} \right)^2 \approx \frac{\sin^2 \alpha}{4}$  و  $u_{(R)} = c$  والصيغة  $v = u_{(R)} \sin \alpha$  نحصل على الصيغة المعروفة للطاقة الحركية:  $E_k = \frac{m_0 v^2}{2}$ .

#### 4- طاقة الإفلات وسرعة الإفلات

لكي نتحرر من تأثير مجال الجاذبية، يجب أن نعطي الجسم الصغير طاقة إفلات، وهي طاقة حركية مساوية في قيمتها المطلقة للطاقة الكامنة التي حسبناها سابقا، ولكن مع الإشارة المعاكسة، بحيث مجموعها (الطاقة الحركية للحالة) يساوي الصفر  $E_\alpha = E_p + E_k = 0$ ، بمعنى آخر:

$$[14] \quad E_{k(\text{Escape})} = -E_p = m_0 \left( \frac{GM}{R} - \frac{G^2 M^2}{c^2 R^2} \right) = m_0 \frac{GM}{R} \left( 1 - \frac{R_0}{R} \right)$$

$R_0$  هو الأفق الصفري، وله قيمة صغيرة نسبيا موجودة خارج الكتلة في حالات الثقوب السوداء فقط. لذلك عندما تكون  $R$  أكبر بكثير من  $R_0$ ، يمكن كتابتها تقريبا:

$$[15] \quad E_{k(\text{Escape})} = m_0 \frac{GM}{R}$$

إذا كانت طاقة الإفلات الحركية  $E_k$  تساوي الطاقة الكامنة (الوضع) بقيمتها المطلقة، أي  $-E_p$ ، فإننا نحصل على أن الطاقة الحركية للحالة  $E_\alpha$ ، والتي هي في الواقع مجموعها، ستكون مساوية للصفر، وفقا للصيغة 12. كذلك وفقا للصيغة 2، نرى أن الطاقة الحركية للحالة هي حاصل الضرب (جداء) النقطي (dot product) لمتجهين:  $E_\alpha = m_0 \mathbf{U}_{(R)} \mathbf{V}_{ax} = m_0 u_{(R)} v_{ax} \cos \beta$ ، عندما تكون  $\mathbf{V}_{ax}$  هي سرعة الفصل في الزمكان لجسمين [1] [2] [3]. تصبح قيمة الطاقة الحركية للحالة صفرا عندما تكون الزاوية بين المتجهين  $\mathbf{U}_{(R)}$  و  $\mathbf{V}_{ax}$  يساوي  $\beta=90^0$ ، كما هو موضح في الشكل 3.

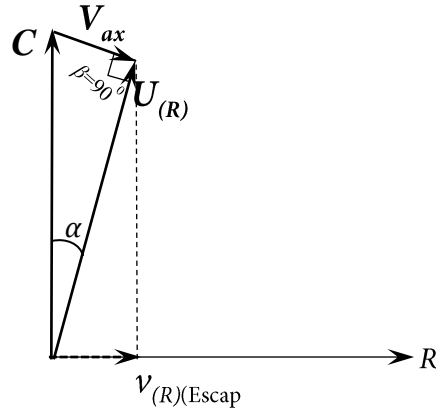
لذلك من الصيغتين:

$$\cos \alpha = \frac{u_{(R)}}{c} = 1 - \frac{GM}{c^2 R}$$

$$v_{(R)(\text{Escape})} = u_{(R)} \sin \alpha$$

يتم الحصول على سرعة الإفلات:

$$[16] \quad v_{(R)(\text{Escape})} \geq \left( 1 - \frac{GM}{c^2 R} \right) \sqrt{2 \frac{GM}{R} - \frac{G^2 M^2}{c^2 R^2}}$$



الشكل (3) وصف لسرعة الإفلات في الزمكان، عندما تكون الطاقة الحركية للحالة تساوي الصفر. من الواضح أنه تحت تأثير مجال جاذبية ضعيف، أي بعيدا عن أفق الصفر، نحصل على أن سرعة الإفلات

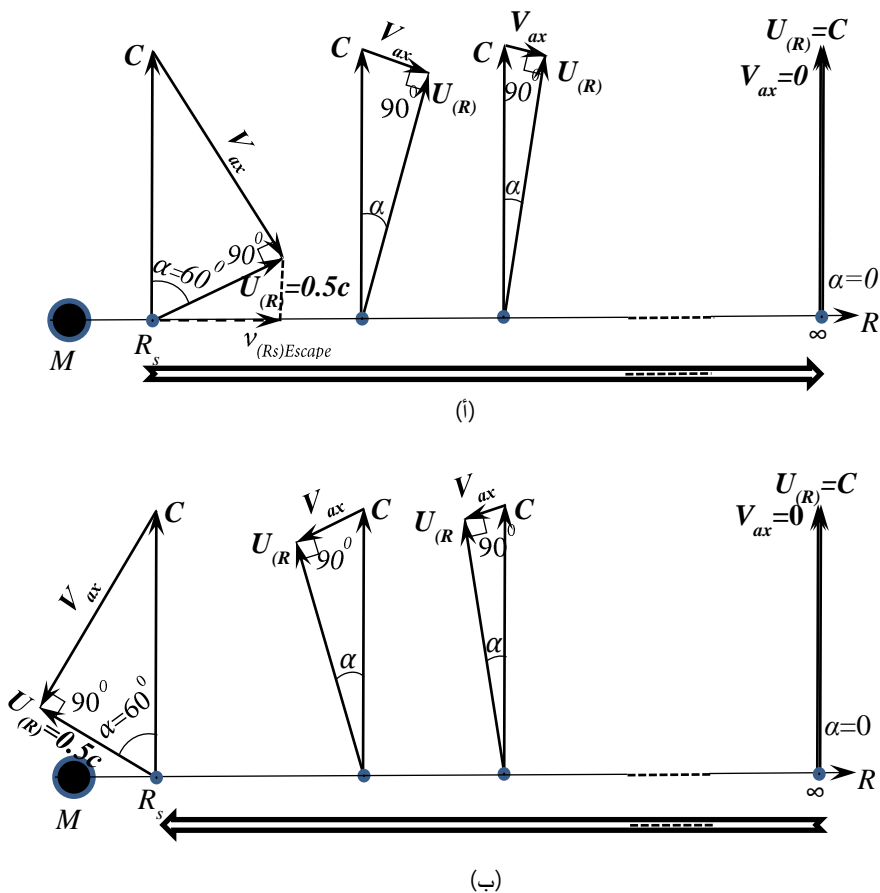
$$V_{(R)(Escape)} \geq \sqrt{2 \frac{GM}{R}}$$

كما ذكرنا سابقا، يتسبب الجسم ذو سرعة الإفلات في أن تصبح الطاقة الحركية للحالة صفرا، لكل قيمة من  $R$ . أي، في الطريق إلى الإفلات، ستظل الزاوية بين المتجهين  $V_{ax}$  و  $U(R)$ ، في محور الزمكان، دائما يكون  $90^\circ$ ، حتى تصل إلى مسافة كبيرة بما يكفي للانفصال عن الجاذبية، كما هو موضح في الشكل (أ)4. وبذلك، ستخضع سرعة الفصل بين الجسمين، الجسم الكبير والجسم الصغير  $V_{ax}$  في الزمكان، إلى قيمة صفر في ما لا نهاية، لذا فإن قيمة المتجه  $U(R)$  ستكون مساوية لسرعة الضوء  $C$  بقيمته المطلقة. شيء آخر يتم الحصول عليه من حقيقة أن الطاقة الحركية للحالة تساوي صفرا، هو أن إجمالي الطاقة  $E$  للجسم الصغير يساوي طاقة الوقت الذاتي  $E_{st}$ ، هذا صحيح على طول المسار، حتى الإفلات، أي  $E = E_{st}$ ، لأن  $E_\alpha = 0$ .

في الحالة المعاكسة، أي عندما يجذب جسم صغير إلى جسم كبير من مسافة كبيرة من حالة السكون، فإنه يخضع لنفس العملية بنفس معايير ومقادير الطاقات، في الاتجاه المعاكس، كما هو موضح في الشكل (ب)4.

عندما تصل إلى أفق الحدث  $R_s$ ، فإن المتجه لسرعة الضوء الذاتي تحصل على قيمة نصف سرعة الضوء  $U(R)=0.5c$ ، وفقا للصيغة 6، وبالتالي ستكون الزاوية الطاقة  $\alpha = 60^\circ$ ، وسرعته على المحور  $R$  ستكون بأقصى قيمتها، مساوية لـ:  $V_{(R_s)Escape} = U_{(R_s)} \sin \alpha = 0.433c$ ، هذه هي سرعة الإفلات من أفق الحدث، كما هو موضح في الشكل (أ)4. بمعنى آخر، إجمالي الطاقة وطاقة الوقت الذاتي للجسم الصغير في أفق الحدث هي  $E = E_{st} = 0.25m_0c^2$ . الطاقة الحركية للحالة تساوي صفرا  $E_\alpha = E_k + E_p = 0$ ، لكن مكوناتها لها قيمة:  $E_k = -E_p = 0.25m_0c^2$ . لذلك، من أجل تحرير الجسم الصغير من أفق الحدث، يجب أن نستثمر فيه طاقة حركية تساوي  $E_k = 0.25m_0c^2$ .





الشكل (4) (أ) يحافظ الجسم ذو سرعة الإفلات على الطاقة الحركية للحالة كصفر على طول الطريق حتى ينفصل عن تأثير مجال الجاذبية.

(ب) العملية قابلة للعكس، أي أن الجسم الذي يقترب من مجال الجاذبية يتلقى نفس قيم الطاقات والسرعات.

#### 5- توقيت القمر الصناعي

كما هو معروف جيدا، يجب مزامنة أقمار GPS الصناعية في الوقت المناسب على الأرض للحصول على أقصى قدر من الدقة لتحديد الموقع على المحاور الإقليدية. إضافة إلى ذلك، محطة الفضاء الدولية التابعة لناسا ISS يحتاج أيضا إلى المزامنة مع ساعة على الأرض لإجراء تجارب معينة. لذلك، نأخذ هذين المثالين كمثال لاختبار نموذجنا [12].

بالنظر إلى الأرض، وهي كوكب صغير نسبيا، نحاول اختبار الصيغة 6، نحصل على فرق صغير جدا، بين المتجه لسرعة الضوء الذاتي  $C$  لجسم حر (خارج مجال الجاذبية)، والذي له قيمة مطلقة لسرعة الضوء  $C = |C|$  والجسم تحت تأثير مجال الجاذبية للأرض، بحيث يمكن أن يصل إلى قيمة قصوى، على سطح الأرض، بمعدل

$$\Delta u = c - u_{(R)} = \frac{GM}{cR} \approx 0.21 [m/sec]$$

فرقا زمنيا قدره  $\Delta T = \Delta u T / c = 60 \mu sec$  في يوم واحد، أي خلال يوم  $T = 86400$  ثانية، يكون وقتنا على

الأرض أبطأ بمقدار 60 ميكروثانية في اليوم، نسبة إلى الجسم الحر، كما هو موضح في الشكل 5.

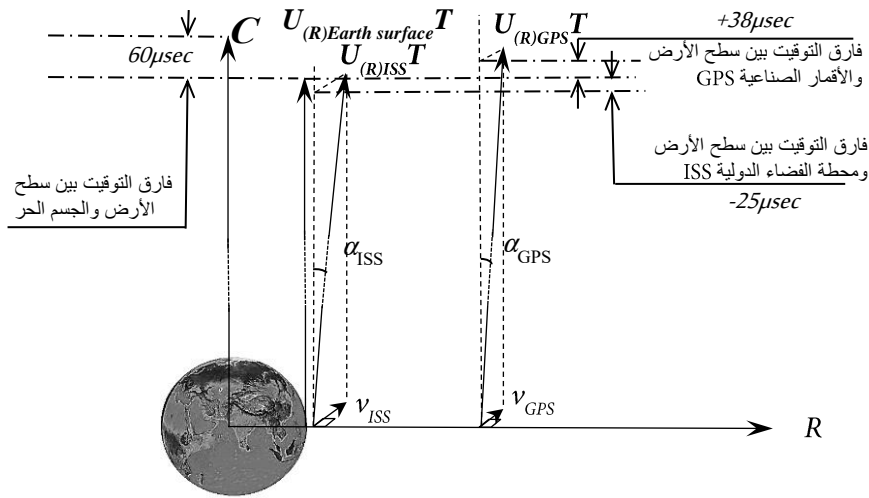
الفرق الزمني بين جسم حر (في هذه الحالة نأخذ مركز الأرض كمرجع، كنقطة كتلة حرة في الفضاء) وجسم تحت تأثير مجال الجاذبية (قمر صناعي) على بعد  $R$ ، يتحرك بسرعة  $v$  باتجاه مماس لنصف القطر  $R$ ، حيث يتم الحصول على الزاوية الطاقة  $\alpha$  من التعبير  $v = u_{(R)} \sin \alpha$ ، نحسب إسقاط المحور الزمني، كما هو موضح في الشكل 5:

$$c\Delta T = cT - u_{(R)}T \cos \alpha$$

نقوم بإدخال الصيغة 6 ونحصل على:

$$[17] \quad \Delta T = T \left( 1 - \cos \alpha + \frac{GM}{c^2 R} \cos \alpha \right)$$

تعتبر الصيغة 17 عن الفروق الزمنية بين إطارين مرجعيين لجسمين، أحدهما جسم ثابت حر (بدون تأثير الجاذبية)، والآخر عبارة عن جسم متحرك تحت تأثير مجال الجاذبية. لذلك، يمكن ملاحظة أن هذه الصيغة تحتوي في داخلها على نظريتي النسبية الخاصة والعامة معا.



الشكل (5) وصف الفروق الزمنية في اليوم، بين الأقمار الصناعية ISS وGPS والوقت على الأرض.

تم إنشاء جدول لحساب فروق التوقيت في اليوم، وفقا للصيغة 17 والبيانات:

الجدول (1) الفروق الزمنية بين الأقمار الصناعية ISS وGPS في اليوم، مع مراعاة مجال الجاذبية وحركة القمر

الصناعي.

	المسافة $R$ (m)	سرعة $v$ (m / sec)	الزاوية الطاقة $\alpha$ (rad)	فارق التوقيت في اليوم $\Delta T$ (μsec)	فارق التوقيت في يوم بالنسبة لسطح الأرض (μsec)
الجسم الحر (مركز الأرض)	0	0	0	0	60
على سطح الأرض	6357000	0	0	60	0
القمر الصناعي ISS	6767000	7700	$2.56838 \cdot 10^{-5}$	85 μsec	-25 μsec
الأقمار الصناعية GPS	26541000	3874	$1.29219 \cdot 10^{-5}$	22 μsec	+38 μsec

يمكن ملاحظة نتائج الجدول 1 بشكل تخطيطي في الشكل 5، الذي يصور السرعة الذاتية لمتجهات الضوء لكل إطار من الأطارات، وإسقاطها على محور الإطار المرجعي وهو سطح الأرض [13] [14] [15].

#### 6- سرعة الضوء تحت تأثير مجال الجاذبية

يوضح الشكل 6 (أ) المتجه لسرعة الضوء الذاتي لجسم صغير يبتعد عن مركز الجسم الكبير (النجم)، عند النقطة B، بسرعة  $v_{(R)}$  بزاوية الطاقة  $\alpha$  حيث  $v_{(R)} = u_{(R)} \sin \alpha$ ، الشكل 6 (ب) يصور ICF (إطار الزوجين المتكامل) [1] [2] [3]. يوضح الشكل 6 (ج) خط الضوء من النقطة B إلى النقطة A. في الزمكان، يتم اختيار نقطتين قريبتين جدا، كما هو معروف سابقا  $\beta = (\pi / 2 - \alpha) / 2$  [1] [2] [3]. لذلك، فإن سرعة الضوء في هذه المسافة الصغيرة هي:

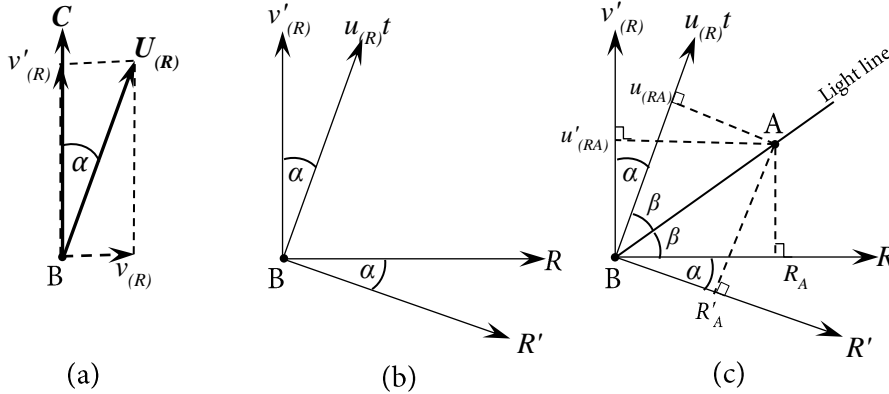
$$\text{Gravitational light speed} = \frac{R_A}{t_A} = \frac{u_{(R)} t_A}{t_A} = u_{(R)} = c - \frac{GM}{cR} \quad [18]$$

لذلك، فإن سرعة الضوء، تحت تأثير مجال الجاذبية، على مسافة  $R$ ، تساوي  $u_{(R)}$ . كمثال آخر، تم اختيار نقطتين متباعدتين A و B، يمر شعاع الضوء الذي ينتقل من النقطة A إلى النقطة B عبر مجال الجاذبية، كما هو موضح في الشكل 7. سيكون المسار الذي ستنقل إليه الحزمة هو المسار البصري الأقصر، وفقا لمبدأ فيرما [16]، أي أن أقصر وقت للسفر بين النقطتين:

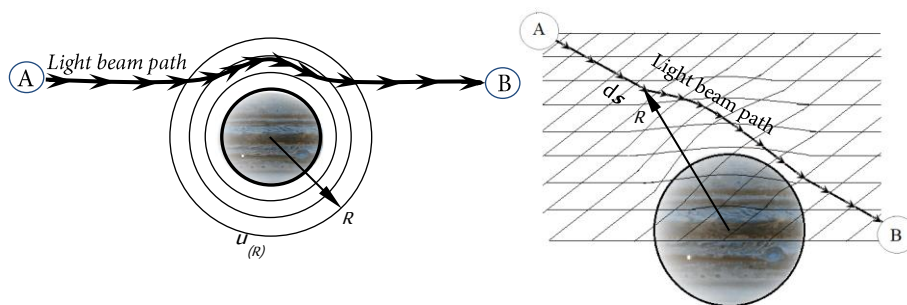
$$T_{[\min]} = \int_A^B \frac{|ds|}{u_{(R)}} \quad [19]$$

كما يتضح من الشكل 7 فإن مسار شعاع الضوء الثقالي ليس مستقيما، ويعتمد على حجم مجال الجاذبية الذي يمر من خلاله. أي أنه انحناء جاذبي لأشعة الضوء. بصريا، لحساب مسار حركة الضوء، يمكن افتراض أن، معامل

$$\text{الانكسار للضوء، عند المستوى } R \text{، هو: } n_{(R)} = \frac{c}{u_{(R)}}$$



الشكل (6) (أ) وصف المتجهين لسرعة الضوء الذاتي للجسم الصغير  $U_{(R)}$  يتحرك بسرعة  $v_{(R)}$  والجسم الكبير  $C$ .  
 (ب) ICF (إطار الزوجين المتكامل).  
 (ج) وصف مسار الضوء في إطار ICF.



الشكل (7) وصف مسار شعاع من الضوء يتحرك من النقطة A إلى النقطة B، عبر مجال الجاذبية.

### 7- قوة الجاذبية

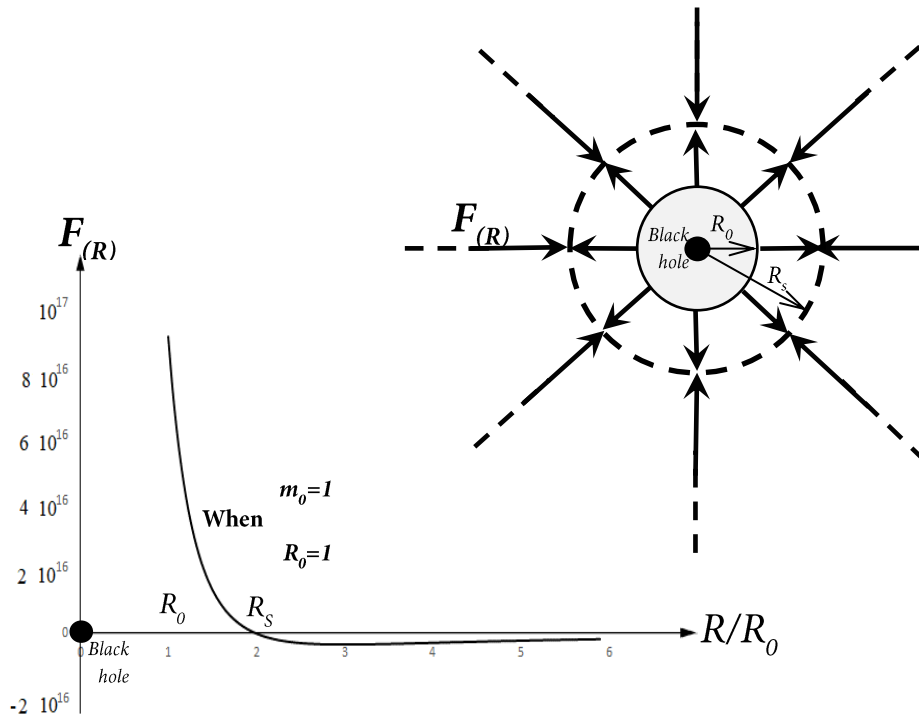
يمكن القول إن مجال الجاذبية يخلق مستويات مختلفة من الطاقة، والتي تعتمد بشكل مباشر على المسافة  $R$  والكتلة  $M$  لمصدر المجال. عند الانتقال بين مستويات الطاقة، يتم الحصول على قوة الجاذبية. تؤثر قوة الجاذبية على جسم صغير في حالة السكون تحت تأثير مجال الجاذبية لجسم كبير  $M$ ، على مسافة  $R$ ، تسمى وزن الجسم، وتساوي التدرج للطاقة الكامنة:  $F = -\text{grad}E_p = -\nabla \cdot E_p$ . الطاقة الكامنة هي في الواقع طاقة الحركية للحالة، عندما يكون الجسم في حالة راحة، والتي حسبناها في الصيغتين 9 و10. وبالتالي فإن قوة الجاذبية ستكون:

$$[20] \quad F_{(R)} = -\frac{dE_p}{dR} = -m_0 \left( \frac{GM}{R^2} - 2 \frac{G^2 M^2}{c^2 R^3} \right)$$

يمكن أيضا كتابة الصيغة 20 على النحو التالي:

$$[21] \quad F_{(R)} = -m_0 \frac{GM}{R^2} \left( 1 - \frac{2R_0}{R} \right)$$

القيمة  $R_s = 2R_0$  هو أفق الحدث، في هذه الحالة.



الشكل (8) وصف اتجاه ومقدار القوة الجاذبية في الثقب الأسود.

وفقا للصيغة 21 تم حساب المقدار والاتجاه لقوة التجاذب لجسم ساكن على مسافة  $R$  من الثقب الأسود، في الشكل 8 وصف اتجاه ومقدار قوة الجاذبية في الثقب الأسود. نجد ان القوة هي تجاذب حتى أفق الحدث، اما بين أفق الحدث والأفق الصفري هناك قوة طاردة، أي تنافر بين الكتلتين. ومن المهم ملاحظة أنها قوى قوية جدا مدرجة في هذه المجالات. ومن الممكن أن نقول إن أفق الحدث يتصرف مثل الترامبولين (المرتد) الذي سوف يتأرجح عليه الجسم بين تجاذب وتنافر.

على سبيل المثال، الجسم الذي يستقر في نهاية العملية في أفق الحدث  $R_S=2R_0$  لثقب أسود. في هذه الحالة، تكون طاقته  $E = m_0 u^2_{(R)} = 0.25m_0 c^2$  وفقا للصيغة 6 و7. من الواضح أن القوى المؤثرة على الجسم هي قوى محافظة، وبالتالي فرق الطاقة، وهو  $\Delta E = 0.75m_0 c^2$  تنقل هذه الطاقة إلى قلب الثقب الأسود. لذلك، فإن المتجه لسرعة الضوء الذاتي لنواة الثقب الأسود، ستكون أكبر من سرعة الضوء، لأنه في عملية نقل الطاقة لا يوجد انتقال للكتلة، علما ان كتلة نواة الثقب الأسود ثابتة في هذه الحالة. بالتالي حصلنا، لأول مرة نظريا، على متجه سرعة الضوء الذاتي للثقب أعلى من سرعة الضوء، في نطاق محدود بين مركز الثقب وافق الحدث، اي  $R_S > R > 0$ .

## 8- المناقشة والخاتمة.

### المناقشة:

نموذج فيزيائي جديد، هو محصلة هذا البحث، ليس من خلال المسافة الزمكانية، السرعة، التسارع والزخم، كما فعل أينشتاين في نظريته النسبية العامة، انما حسب قانون حفظ الطاقة. عملنا من خلال هذه الورقة البحثية على إظهار الطاقة الكلية لجسم صغير في مجال الجاذبية وطاقته الحركية وطاقته الكامنة. وأنه كلما اقترب الجسم من الجسم الكبير (النجم او الكوكب)، ستنخفض طاقته وفقا لذلك.

قمنا أيضا بحساب وشرح الأفق الصفري، والفرق الزمني بين جسمين، والكتلة الفعالة للجسم، وقوة الجاذبية الناتجة عن هذا التغيير في مستويات الطاقة، وتأثير مجال الجاذبية على سرعة الضوء. إضافة إلى ذلك، نحسب طاقة الإفلات وسرعة الإفلات، مما يدل على أن الجسم الذي يتمتع بسرعة الإفلات يحافظ على الطاقة الحركية للحالة على أنها صفر على طول الطريق حتى تنفصل عن تأثير مجال الجاذبية وأن العملية قابلة للعكس، أي أن الجسم يقترب من الجاذبية. يتلقى نفس قيم الطاقات. مثلا، على سطح الكرة الأرضية ننخفض سرعة الضوء بقيمة ضئيلة جدا، تم حسابها أعلاه، وهي:  $C-u(R)=0.21 \text{ m/sec}$ ، وبالتالي تفقد كل كتلة موجودة على سطح الكرة الأرضية من طاقتها ما يعادل  $\Delta E=m_0c^2-m_0u^2(R)=126 \text{ MJoul}$  لكل كغم واحد، وهي طاقة كبيرة، وكي نحرر هذا الجسم من هذا المجال، علينا ان نبذل طاقة بقيمة نصف تلك الطاقة، أي  $0.5\Delta E=63 \text{ MJoul}$  لكل كغم.

كما أظهرنا أن هناك فرقا زمنيا بين الأقمار الصناعية ISS وGPS، ناتج عن فارق زمني إطارين مرجعيين لجسمين، أحدهما جسم ثابت حر (بدون تأثير جاذبية)، والآخر جسم متحرك تحت تأثير مجال الجاذبية. وقمنا بمواصلة حساب سرعة الضوء، وتبيين تأثير مجال الجاذبية عليه.

في الأخير قمنا بتوضيح أن مجال الجاذبية يخلق مستويات طاقة مختلفة، والتي تعتمد بشكل مباشر على المسافة  $R$  والكتلة  $M$  لمصدر المجال. في الانتقال بين مستويات الطاقة، يتم الحصول على قوة الجاذبية.

#### الخاتمة.

يقدم هذا النموذج قوة الجاذبية بطريقة مختلفة ومبتكرة، مما يعطي إجابات لقضايا تتعلق بالعديد من الموضوعات في الفيزياء والتي تزعم العديد من العلماء. من خلال النظر إلى جسم ذي كتلة كبيرة تتشكل أغلفة من مستويات الطاقة، فيوضح هذا النموذج أن مستويات الطاقة هذه هي السبب في تكوين قوة الجاذبية. يتم إنشاء قوة الجاذبية كنتيجة للانتقال بين مستويات الطاقة المختلفة. من الممكن الإشارة إلى كتلة واحدة أو عدة كتل (على سبيل المثال، مجرة، أو الكون بأكمله) والتي يوجد في مركزها كتلة خيالية مكافئة لها. بالإضافة إلى ذلك، يوضح هذا النموذج أن مستويات الطاقة هذه هي أيضا سبب انخفاض سرعة الضوء، مما ينتج عنه فروق زمنية، التي تولد طاقة الكامنة والتي تم حسابها بدقة في هذا النموذج. كما أن مستويات الطاقة هذه هي السبب في انحناء حركة الضوء التي تمر عبر مجال الجاذبية.

#### الدراسات المستقبلية

- تعتبر هذه الورقة البحثية بوابة لأوراق بحثية أخرى، والتي سوف ندرس فيها مواضيع إضافية، بما في ذلك:
- 1- ما الذي تعتمد عليه قوة الجاذبية، عندما تكون هناك ظروف أولية مختلفة، على سبيل المثال السرعة الابتدائية، أو الكتلة السالبة، أي جسم صغير بزاوية طاقة كبيرة.
  - 2- هل أفق الحدث قيمة ثابتة أم أنه يتغير حسب الظروف الأولية؟
  - 3- هل يؤثر مجال الجاذبية على الطاقة الحركية للحالة؟
  - 4- هذه الورقة البحثية هي نظرية حقيقية للأجسام الكبيرة، مثل النجوم والثقوب السوداء، وكذلك للجسيمات الدقيقة مثل المكونات المختلفة للذرة. لذلك، يمكن العثور على فكرة عامة منه لجمع القوى الأربعة المعروفة في الفيزياء المرجع [17].

#### قائمة مختصرات ورموز

الرمز	اسم الرمز	تعريف
-------	-----------	-------

$C$	المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الكبير	هو المتجه ذو سرعة الضوء، بقيمته المطلقة، واتجاهه محور الزمن، في الأطر القصورية.
$U_{(R)}$	المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الصغير	هو المتجه ذو سرعة اقل من سرعة الضوء (بسبب مجال الجاذبية)، بقيمته المطلقة، واتجاهه محور الزمن للجسم الصغير المتحرك، في الأطر القصورية.
$u_{(R)}$	قيمة المتجه لسرعة الضوء الذاتي للجسم الصغير	القيمة المطلقة، لمتجه لسرعة الضوء الذاتي أي $ U_{(R)} $ للجسم الصغير تحت تأثير المجال الجاذبي. وقيمته اقل من سرعة الضوء.
$\alpha$	زاوية الطاقة	الزاوية التي تفصل بين المتجهين لسرعة الضوء الذاتي $C$ و $U_{(R)}$
$\beta$	زاوية اتجاه الضوء	هي زاوية مسار الضوء في إطار الزوجين المتكامل ICF، وهي تساوي $(90^\circ - \alpha)/2$
$E$	الطاقة الكلية	هي مجمل الطاقة الموجودة في الجسم، تساوي جمع الطاقة الحركية للحالة وطاقة الوقت الذاتي، أي $E = E_{st} + E_\alpha$ ، في حالته الحرة قيمته $mc^2$ ، اما تحت تأثير مجال الجاذبية قيمته تكون $mou^2_{(R)}$ .
$E_\alpha$	الطاقة الحركية للجسم الصغير	الطاقة الحركية للحالة $E_\alpha = m_0 U_{(R)} (U_{(R)} - C)$ ، مكونة من طاقتين، الطاقة الحركية $E_k$ والطاقة الكامنة (الوضع) $E_p$ ، أي $E_\alpha = E_k + E_p$ .
$E_{st}$	طاقة الوقت الذاتي للجسم الصغير	طاقة الوقت الذاتي $E_{st} = m_0 U_{(R)} C$ وهي الطاقة المتبقية من الجسم.
$R_0$	الأفق الصفري	الأفق الصفري هو قيمة خاصة لكل كوكب او نجم، يتعلق بشكل مباشر بكتلته حسب الصيغة $R_0 = GM/c^2$ ، وإذا تواجد هذا الأفق خارج كتلة النجم، يصبح بذلك ثقب اسود. ورغم صعوبة الوصول اليه، بسبب القوة الكبيرة الطاردة، إلا انه يفقد الجسم كل طاقته. حيث يتشابه بالوصف لأفق "الشعر الناعم"، الذي يحتفظ بالمعلومة، للعالم الكبير ستيفن هوكينج.
$R_s$	أفق الحدث	أفق الحدث او نصف قطر سفارتزشيلد يساوي $R_s = 2R_0$ ، تستقر به الاجسام الصغيرة، كونه أفق يفصل بين قوة التجاذب والقوة الطاردة.
ICF	إطار الزوجين المتكامل	اربع محاور $ct, ct', x, x'$ في إطار الزمكان، تفصلهم زاوية الطاقة $\alpha$ ، يمكن من خلالها إيجاد الاسقاطات لكل حدث زمكاني. انظر البحث الأول [1].

### قائمة المراجع.

- [1] Tannous, E. (Sep. 2021), Negative Mass, Arab Journal for Science and Research Publishing (AJSRP), DOI: 10.26389/AJSRP.D210421.  
إدوار طنوس، (سبتمبر 2021)، الكتلة السالبة، المجلة العربية للعلوم ونشر الأبحاث AJSRP، DOI: 10.26389/AJSRP.D210421
- [2] Tannous, E. (2019), Negative Mass, Journal of Modern Physics, 10, 861-880. <https://doi.org/10.4236/jmp.2019.107057>
- [3] Tannous, E. (2021), Energetic Angle, Newest Updates in Physical Science Research, 1, 45-64. <https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v1/7088D>
- [4] O'Connor, J.J. and Robertson, E.F. (1996) General Relativity. History Topics: Mathematical Physics Index, School of Mathematics and Statistics, Scotland.
- [5] Feynman, R. (1970) The Feynman Lectures on Physics. Pearson P T R, 1st Edition, Volume 1, Chapter 4. [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/l\\_04.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/l_04.html)

- [6] Newton, I. (1966) *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Mathematical Principles of Natural Philosophy, 1687). Translated in English by A. Motte, Revised and Annotated by F. Cajori (University of California Press). <https://doi.org/10.5479/sil.52126.39088015628399>
- [7] Wald, R.M. (1997) *Gravitational Collapse and Cosmic Censorship. Black Holes, Gravitational Radiation and the Universe*. Springer, Dordrecht, 69-86.
- [8] Günther, H. and Müller, V. (2019) *Einstein's Energy-Mass Equivalence. The Special Theory of Relativity: Einstein's World in New Axiomatics*. Springer, Singapore, 97-105. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-7783-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-13-7783-9_7)
- [9] Overbye, D. (2015) *Black Hole Hunters*. NASA. Archived from the Original.
- [10] Hamilton, A. (2020) *Journey into a Schwarzschild Black Hole*, JILA: A Joint Institute of NIST and the University of Colorado Boulder. <https://jila.colorado.edu/~ajsh/insidebh/schw.html>
- [11] Thorne, K.S. and Hawking, S. (1994) *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*. W. W. Norton & Company, New York, 134-135.
- [12] Narayankar, S. (2019) *International Journal of Advanced Research (IJAR)*, 7, 782-789.
- [13] Hassani, Sadri. (2011) *From Atoms to Galaxies: A Conceptual Physics Approach to Scientific Awareness*. CRC Press. p. 433. ISBN 978-1-4398-0850-4. Extract of page 433 <https://doi.org/10.21474/IJAR01/8697>
- [14] Topper, David. (2012) *How Einstein Created Relativity out of Physics and Astronomy(illustrated ed.)*. Springer Science & Business Media. p. 118. ISBN 978-1-4614-4781-8. Extract of page 118.
- [15] Kogut, John B. (2012) *Introduction to Relativity: For Physicists and Astronomers(illustrated ed.)*. Academic Press. p. 112. ISBN 978-0-08-092408-3.
- [16] Born, M. and Wolf, E. (1975) *Principles of Optics*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 740.
- [17] Davies, P. (1986) *The Forces of Nature*. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.