الفصل التاسع
النظرية النسبية
طريقة التدريس : التدريس بأستخدام استراتيجية الاحداث المتناقضة
Discrepant Events Strategy

أنتباه :

عزيزي المدرس اليك شرحاً موجزاً حول استراتيجية الاحداث المتناقضة ، ومراحل التدريس خلالها .

الاحداث المتناقضة هي احداث او ظواهر تشير التساؤل وتكون نتائج حدوثها على العكس مما يتوقعه الطلبة ، ويستنتج ذلك ضرورة حل التناقض في ذهن الطالب ، إذ ان الاحداث المتناقضة تمثل تحديات من اجل العثور على اجوبة للنتائج غير المنطقية من هذا الحدث والذي لا يتفق مع خبراتهم المتعلمة . ولذلك فإن هذه الاستراتيجية تشير الى فضول الطلبة وتحفز تفكيرهم لحل الغموض . وتتضمن استراتيجية الاحداث المتناقضة ثلاث مراحل في التدريس هي :

المرحلة الاولى : إعداد الحدث المتناقض .

من هذه المرحلة يقدم المدرس حالة التناقض من خلال عرض مشكلة او ظاهرة او اسئلة معينة بهدف وضع الطلبة في مواقف تعليمية تشير لديهم خبرة محيرة لكون الاجابات عن المشكلة او الظاهرة او الاسئلة للتتفق مع ماتعلموه سابقاً مما يولد حالة من عدم الاتزان المعرفي لديهم .

المرحلة الثانية : إشراك المتعلمين في حل التناقض .

بعد ان يستطيع المدرس توقعات الطلبة وما يفكرون به ويخبرهم بعد ان هذه الاجابات ليست هي الاجابات الصحيحة ، وهناك اجابات وتفسير آخر ، على المدرس ان يقدم عرضاً لحل التناقض المعرفي وإمداد الطلبة بخبرات معرفية تساعدهم في الوصول الى حلول لتلك التناقضات وإزالة حالة عدم الاتزان المعرفي لدى الطلبة الذي احدثته المرحلة الاولى .

ويمكن أيضاً خلال هذه المرحلة تنفيذ النشاطات او اجراء التجارب (حسب طبيعة الموضوع) وان يعمل الطلبة بشكل فردي او على شكل مجموعات عند محاولة حل التناقض .

المرحلة الثالثة : حل الاسئلة التي طرحتها الاحداث المتناقضة وربطها بالمعرفة العلمية .

في هذه المرحلة لابد ان يصل الطلبة بمساعدتك على رؤية جديدة تفسر من خلالها النتائج المتعلقة بالحدث المتناقض وان يرتبط هذا التفسير في ضوء المعرفة العلمية الجديدة ، وبذلك سوف يضع المدرس حداً لحالة التناقض وتوجيه الطلبة الى نهاية الحدث لكي لايتولد الارتباك او الاحباط غير المبرر .

درس تطبيقي باستخدام استراتيجية الاحداث المتناقضة :

الموضوع : النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة .

اولاً : الاهداف الخاصة : اكساب الطلبة معلومات علمية بصورة وظيفية عن موضوع النظرية النسبية من خلال دراستهم للمعلومات الآتية :

1 – الاجسام المتحركة بسرعة تقترب من سرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني تغيراً في قياس بعض الكميات الفيزيائية المتعلقة بها كالطول والزمن والكتلة .

2 – زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث أقل من الزمن الذي يسجله راصد ساكن يعتبر الحدث متحركاً بالنسبة اليه .

3 – الاجسام المتحركة بالنسبة لراصد ساكن تعاني انكماشاً (تقلصاً) في طولها باتجاه حركتها .

4 – كتلة الجسم المتحرك تزداد بزيادة سرعته بالنسبة لراصد ساكن .

ثانياً : الاغراض السلوكية

جعل الطالب قادراً على ان :

1 – يميز قياس بعض الكميات الفيزيائية كالطول والزمن والكتلة وفقاً لقوانين الفيزياء الكلاسيكية ووفقاً لقوانين النظرية النسبية الخاصة .

2 – يفسر المقصود بنسبية الزمن او تمدد الزمن .

3 – يحسب الزمن الذي سجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث رياضياً .

4 – يطبق معادلة الزمن النسبي في حل مسائل رياضية .

5 – يفسر المقصود بنسبة الطول او انكماش الطول .

6 – يحسب الطول النسبي لجسم ويقارنه بالطول الحقيقي .

7 – يطبق معادلة الطول النسبي في حل مسائل رياضية .

8 – يفسر ما المقصود بالكتلة النسبية .

9 – يقارن بين الكتلة النسبية والكتلة السكونية لجسم متحرك .

10 – يطبق معادلة الكتلة النسبية في حل مسائل رياضية .

11 – يحل اسئلة نهاية الفصل المتعلقة بالموضوع .

12 – يطبق معادلات النظرية النسبية في حل مسائل نهاية الفصل المتعلقة بالموضوع

ثالثاً : المواد والوسائل التعليمية :

السبورة والطباشير ، الاشكال الواردة في الكتاب المدرسي حول الموضوع

رابعاً : خطوات التدريس وفقاً لاستراتيجية الاحداث المتناقضة .

المرحلة الاولى :

عزيزي المدرس.. أطرح الاسئلة التالية ابتداءً ثم التقط إجابات الطلبة السابقة وتوقعاتهم بشأنها، فهذه الاسئلة هدفها وضع الطلبة في مواقف تعليمية تشير لديهم شعوراً بالحيرة وعدم الاتزان المعرفي. ونحن نقترح عليك ألا تكون قد طلبت فهم تحضير الموضوع كواجب بيتي لكي لاتكون الاجابات او النتائج ضمن خبراتهم السابقة، والاسئلة هي :

س1 – هل تخضع جميع الاجسام المتحركة لقوانين نيوتن بعض النظر عن سرعتها ؟

س2 – هل يختلف زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث عن الزمن الذي يسجله راصد ساكن يعتبر الحدث متحركاً بالنسبة له؟

س3 – لو سافر رائد فضاء بمركبة سرعتها قريبة جداً من سرعة الضوء وأمضي خمس سنوات بعيداً عن اهل الارض حسب تقويمه داخل مركبته، فهل هذه الفترة الزمنية هي نفسها كما سجلها اهل الارض؟

س4 – هل ان طول جسم معين في اطار اسناد ثابت هو نفسه اذا كان اطار الاسناد متحركاً؟

س5 – هل ان مقدار طول الجسم اثناء سكونه هو نفسه عندما يكون متحركاً بسرعة قريبة من سرعة الضوء؟

س6 – ماهو طول الجسم المتوقع الذي يبقيه راصد ساكن عندما يتحرك الجسم بسرعة تقترب من سرعة الضوء؟

س7 – هل كتلة الجسم كمية ثابتة المقدار؟

س8 – هل تتغير كتلة الجسم اذا تغيرت سرعته؟

س9 – ما الذي تتوقع حدوثه لكتلة جسم سرعته كانت :

a – صغيرة جداً مقارنة بسرعة الضوء؟

b – قريبة جداً من سرعة الضوء؟

عزيزي المدرس.. عندما تطرح كل سؤال عليك بعد ان تتعرف على اجابات الطلبة، ان تخبر بشكل موجز بنتيجة السؤال دون الدخول في تفاصيل الاجابة خلال هذه المرحلة واليك الاجابات المختصرة للأسئلة السابقة :

ج1 – لاتخضع جميع الاجسام المتحركة لقوانين نيوتن يختلف عن الزمن الذي سجله الراصد الساكن.

ج2 – الزمن الذي يسجله الراصد المتحرك يختلف عن الزمن الذي سجله الراصد الساكن.

ج3 – سوف تختلف الفترة الزمنية وستكون الفترة الزمنية التي يسجلها اهل الارض اطول، اي ان عمر من كان بعمره على الارض سيكون اكبر.

ج4 – سوف يختلف الطول، سيتقلص وينكمش.

ج5 – الجواب السابق نفسه.

ج6 – الجواب السابق نفسه.

ج7 – الكتلة ليست كمية ثابتة المقدار بل متغيرة تبعاً لسرعتها

ج8 – كتلة الجسم المتحرك تزداد بزيادة سرعته.

ج9 –

a– لايمكن ملاحظة التغير الحاصل في الكتلة.

b– سوف تزداد كتلة الجسم.

عزيزي المدرس... بعد ان قدمت تساؤلاتك السابقة للطلبة والتي من المتوقع ان تبنى إجاباتهم في ضوء خبراتهم السابقة لما درسوه في الفيزياء وفقاً لتصورات الميكانيك الكلاسيكي، لابد ان تكون اجاباتك الموجزة قد احدثت نوعاً من التناقض المعرفي مع خبراتهم، التي لم تتفق مع دراستهم السابقة للفيزياء. عليك الان الانتقال الى المرحلة الثانية لحل التناقض المعرفي لديهم.

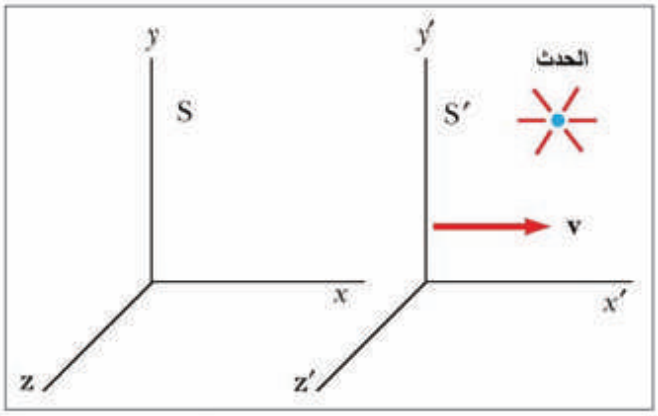
المرحلة الثانية :

عزيزي المدرس.. في هذه المرحلة عليك إمداد الطلبة بالخبرات المعرفية التي تساعدهم في الوصول الى حلول لتلك التناقضات وإزالة حالة عدم الاتزان المعرفي لديهم والذي احدثته المرحلة الاولى، ولذلك فإن هذه المرحلة تتطلب منك ان تقدم عرضاً للنتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة، ونقترح عليك النقاط الآتية :–

1 – تزويد الطلبة بالفكرة المحدودة التي تتلخص في هذا الفصل (النظرية النسبية)، والتي تتلخص في ان مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية تتماشى مع الاجسام التي تتحرك بسرعات عالية جداً تقترب من سرعة الضوء.

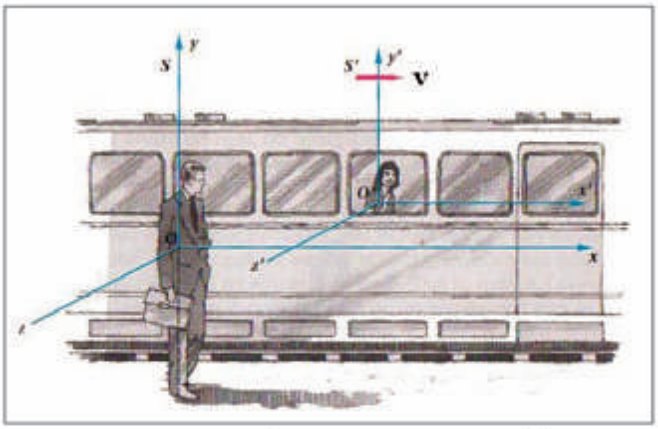
تعمق طلبتك في هذه النقطة، اربطها بحركة الجسيمات النووية تطرق الى مفهوم أطر الاسناد، ومفهوم المراقب والاحداثيات الاربعة.

2 – اعرض مصور الشكل (1) حول اطاري الاسناد S, S′ الوارد في الكتاب المدرسي على السبورة، حاول وصف الحدث وفقاً للشكل (1).



شكل (1) أطاري الاسناد S و S`.

ثم اعرض صورة الشكل (2) الوارد في الكتاب المدرسي الذي يوضح فرضيات النظرية النسبية.



شكل (2) شخص في اطار ثابت (S) يراقب شخص اخر في اطار متحرك (S`)

3 – وضح فرضيتي اينشتاين في النظرية النسبية الخاصة.

4 – اشرح فكرة معامل لورنتز، ولماذا تبنى اينشتاين تحويلات لورنتز.

5 – انتقل بعد ذلك لعرض مفصل للنتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة، محاولاً خلال هذا العرض البحث عن الحلول (الاجابات) للأسئلة التي طرحت في المرحلة الاولى من استراتيجية الاحداث المتناقضة. ولذلك عليك ان تشرك الطلبة في العرض، وتناول العناصر الآتية:

– نسبية الزمن (تمدد الزمن).

– نسبية الطول (انكماش الطول)

– الكتلة النسبية (تغير الكتلة مع السرعة)

6 – عزز عرضك بالمعادلات الرياضية، ونظم المعلومات على صورة مخطط سبوري لما ستقدمه من إجابات حول الاسئلة السابقة.

7 – حاول ان تحل الاسئلة ذات العلاقة بالموضوع والواردة في نهاية هذا الفصل.

8 – بعد ان تكون قد انهيت العرض ولخصت المعلومات بمخطط سبوري، اسمح لطلبتك بتقديم أي سؤال التقط اجابات الطلبة الاخرين، ثم علق على السؤال المثار واسع مع طلبتك في الوصول الى افضل إجابة ممكنة من الطلبة حاول كشف التبريرات في التناقضات التي طرحت للأسئلة في المرحلة الاولى، بمعنى:

1 – سبب نسبية الزمن (تمدد الزمن)

2 – سبب نسبية الطول (إنكماش الطول)

3 – سبب نسبية الكتلة (تغيرها مع السرعة)

لذلك فإن هذه المرحلة تدور حول لماذا؟ في حين المرحلة الاولى تدور حول ماذا يحدث؟ انتقل بعد ذلك للمرحلة الثالثة.

المرحلة الثالثة :

عزيزي المدرس : في هذه المرحلة عليك ان تتذكر كلمة كيف؟ لذلك فإن هذه المرحلة تدور حول كيفية حدوث ذلك ، ونقترح عليك الاجراءات الآتية :

1 – ان تفسر لطلبتك النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة تفسيراً علمياً .

2 – قدم المعنى الفيزيائي للعلاقات ، واسمح من خلال عرضك للعلاقة الرياضية ان يتنبأ الطالب بالنتائج .

3 – ارجع الى مسائل الامثلة الواردة في الموضوع واعط وقتاً من الدرس لحل احد من هذه المسائل للأمثلة الواردة في الكتاب .

4 – لتقديم مزيد من الدعم العلمي لاستراتيجية الاحداث المتناقضة اطلب من طلبتك حل المسائل الواردة في نهاية الفصل .

وعليك ان لاتكتفي بالنتائج التي سيتوصل اليها الطلبة يجب ان تعزز النتائج بتقديم التفسير العلمي المناسب وذلك من خلال بيان .

– سبب الاختلاف مثلاً في الطول ، الكتلة ، الزمن وفقاً لتطبيقات مفاهيم النظرية النسبية الخاصة .

– عمل المقارنات في كل حالة ، وما الذي يمكن استنتاجه من ذلك .

– اسمح لطلبتك ان يصوغوا بعض الفرضيات الجديدة ، ويحاولوا إعطاء حلول واجابات عنها مدعمة بالتفسير العلمي .

– كلف طلبتك بكتابة تقرير قصير عن النظرية النسبية الخاصة والنتاج التي توصلت اليها او تصميم نشرة جدارية مستعينين ببعض المصادر ومواقع الانترنت .

نحن نعتقد ان النقاط السابقة من شأنها ان تولد بناء معلومات جديدة للطلبة ، فضلاً عن انها تساعدهم كخبرات من اعادة الاتزان المعرفي لديهم وحل التناقضات غير المألوفة لديهم ، والتي كانت تفسر في ضوء خبراتهم من دراستهم السابقة للفيزياء الكلاسيكية وقوانينها .

خامساً : تقويم التعلم

عزيزي المدرس . . يمكنك استخدام الاسئلة والمسائل الواردة في نهاية الفصل في عمليات تقويم تعلم الطلبة .

حل اسئلة الفصل التاسع

س1 / اختر الإجابة الصحيحة في ما يلي :

1 – اي من الكميات التالية تُعد ثابتة حسب النظرية النسبية :

a – سرعة الضوء b– الزمن c– الكتلة d– الطول

الجواب / a – (سرعة الضوء)

التوضيح للمدرس : بالاستناد على الفرضية الثانية لاينشتين في النظرية النسبية الخاصة (سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت لايعتمد على سرعة مصدر الضوء او سرعة الراصد بالنسبة لمصدر الضوء)

2 – تطلق مركبة فضائية سرعتها (0.9cمن سرعة الضوء) شعاعاً ضوئياً فما السرعة النسبية لهذا الشعاع الذي يقوم طاقم مركبة فضائية اخرى تسير بشكل موازٍ للمركبة الفضائية وبالاتجاه نفسه وبالسرعة نفسها ؟

a – 0.9c b– 1.8c c– 1.6 d–(c)

الجواب / d – (c)

التوضيح للمدرس : بالاستناد على الفرضية الثانية لاينشتين في النظرية النسبية الخاصة .

3 – وفقاً لنظرية اينشتين النسبية الخاصة فإن

a– الزمان والمكان هما تعبيران متلازمان

b– الطاقة والكتلة هما تعبيران متلازمان

c– الزمان والطاقة تعبيران متلازمان .

d– الطاقة والكتلة تعبيران غير متلازمان .

الجواب / b– الطاقة والكتلة هما تعبيران متلازمين .

التوضيح للمدرس : ان العالم اينشتين قد نشر نظريته النسبية الخاصة في عام 1905 تناول فيها مفاهيم حديثة منها تكافؤ الكتلة والطاقة ($E=mc^2$) ، وفي عام 1915 نشر نظريته النسبية العامة والتي عالجت موضوع الجاذبية الكونية وادخل تعبير (الزمكان) وهو تعبير عن تلازم الزمان والمكان .

4 – وفقاً لنظرية اينشتين النسبية الخاصة فإن جميع قوانين الفيزياء متشابهة في اطر القياس التي تكون سرعها :

a– بتعجيل منتظم .

b– منتظمة وثابتة .

c– غير منتظمة ومتذبذبة .

d– دورانية .

الجواب / b– منتظمة وثابتة .

التوضيح للمدرس : ان اي نوع من القياسات التي تجري في اطار اسناد في حالة سكون لابد ان تعطي نتيجة واحدة عندما تجري في اطار اسناد اخر يتحرك بسرعة منتظمة وثابتة بالنسبة للاول

5 – الطاقة الحركية النسبية تساوي :

$\left(\upsilon^2 - c^2\right) m_0$ – d $\quad (m - m_0)c^2$ – c $\quad \frac{1}{2}mc^2$ – b $\quad \frac{1}{2}m\upsilon^2$ – a

الجواب / $(m - m_0)c^2$ – c

التوضيح للمدرس : الطاقة الحركية النسبية

$$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} - 1\right) m_0 c^2$$

اذ ان $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}$

$$= \left(\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} - m_0\right) c^2$$

الكتلة النسبية = m

الكتلة السكونية = m_0

$(KE)_{rel} = (m - m_0)c^2$ الطاقة الحركية النسبية

6 – الطاقة النسبية الكلية تساوي :

a– $m^2 - m_0^2 c^2$

b– $pc - m_0 c^2$

c– $(p_{rel})^2 c^2 + m_0^2 c^4$

d– $m_0 c^2 + (KE)_{rel}$

الجواب / c– $(p_{rel})^2 c^2 + m_0^2 c^4$

التوضيح للمدرس: تطبق المعادلة الاتية بشكل خاص في الدراسات الخاصة بالانوية والذرات وعادة يتم استعمال وحدات الالكترون فولط (eV) او مضاعفاتها ($MeV=10^6 eV$) اما وحدات الزخم فيعبر عنها بوحدات $\left(\frac{eV}{c}\right)$ او $\left(\frac{MeV}{c}\right)$

7 – وفقا لمعادلة اينشتاين الشهيرة بتكافؤ الكتلة والطاقة فان :

$E = m^2c - a$ $\quad$ $E = c^2m^2 - b$

$E = mc^2 - c$ $\quad$ $E = cm - d$

الجواب / $E = mc^2 - c$

8 – ساعة تدق دقة واحدة كل ثانية، فإذا كان طول الساعة **10cm** عندما تكون في حالة السكون، فإذا تحركت هذه الساعة بسرعة (**0.8c**) موازية إلى طولها نسبة إلى راصد ساكن، فان الراصد يقيس الدقات وطول الساعة كالتالي تكون :

a) اكبر من (**1s**) وأطول من (**10cm**).

b) اقل من (**1s**) وأطول من (**10cm**).

c) اكبر من (**1s**) واقصر من (**10cm**).

d) اقل من (**1s**) واقصر من (**10cm**).

الجواب / c) اكبر من (**1s**) واقصر من (**10cm**).

التوضيح للمدرس :

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.8c)^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = \frac{1}{\frac{6}{10}}$$

$$t = \frac{10}{6} = 1.666s$$

9 – وضعت ساق بموازاة (المحور – **x**) وتحركت الساق بموازاة هذا المحور ايضاً بانطلاق مقداره(**0.8c**)وكان طولها الظاهري(**1m**) فإن طولها في اطار اسناد ساكن يكون :-

(a) **0.5m** $\quad$ (b) **1.666m** $\quad$ (c) **0.7m** $\quad$ (d) **0.8m**

الجواب / b) **1.666m**

التوضيح للمدرس :

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}} \Rightarrow 1 = L_0\sqrt{1-\frac{(0.8c)^2}{c^2}}$$

$$1 = L_0 \times 0.36 \Rightarrow L_0^2 = \frac{1}{0.36} \Rightarrow L_0 = 1.666m$$

10 – اذا كنت في صاروخ متحرك بانطلاق $0.7c$ باتجاه نجم فاي انطلاق سوف يصلك ضوء هذا النجم :-

a) اصغر من c .

b) اكبر من c .

c) بسرعة الضوء في الفراغ .

الجواب / c) بسرعة الضوء في الفراغ .

التوضيح للمدرس : ان الضوء الواصل من النجم الى الصاروخ سواء كان هذا الصاروخ يقترب من النجم او يبتعد عن النجم بسرعة الضوء في الفراغ بالاستناد على الفرضية الثانية لانشتين في النظرية النسبية الخاصة (سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت لايعتمد على سرعة مصدر الضوء او سرعة الراصد بالنسبة لمصدر الضوء) .

س2 / جسيم يتحرك بسرعة منتظمة ثابتة $\upsilon = 0.6c$ ما النسبة بين مقدار الزخم النسبي (P_{rel}) ومقدار الزخم الكلاسيكي (P_{cal}) ؟

الحل /

الزخم النسبي $P_{rel} = \dfrac{m_\circ \upsilon}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}}$

الزخم الكلاسيكي $P_{cla} = m_\circ \upsilon$

$$\therefore \frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{\dfrac{m_\circ \upsilon}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}}}{m_\circ \upsilon}$$

$$\frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{1}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{c^2-\upsilon^2}{c^2}}} = \frac{c}{\sqrt{c^2-\upsilon^2}}$$

$$= \frac{c}{\sqrt{c^2-(0.6c)^2}} = \frac{c}{\sqrt{c^2-0.36c^2}}$$

$$= \frac{c}{\sqrt{0.64c^2}} = \frac{c}{0.8c}$$

$$\frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{1}{0.8} = \frac{5}{4} = 1.25$$

س3 / هل تتأثر كتلة ساق حديد ساخن جدا اذا تم تبريده من درجة 2000°C إلى درجة حرارة الغرفة ؟

الجواب / نعم لان طاقة الجسم تتناسب مع الاس الرابع لدرجة حرارته المطلقة وان الكتلة في مفهوم النظرية النسبية الخاصة تتناسب مع الطاقة حسب قانون اينشتاين $E=mc^2$

س4 / ما الفرق الأساس بين تحويلات غاليلو والتحويلات النسبية ؟

الجواب / الفرق الأساس هو المقدار $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ وتاثيرها في مقادير زخم الجسم وطول الجسم وكتلة الجسم والزمن المقاس وقد أطلقت تسمية (γ) معامل لورنتز على الكتلة النسبية مثلاً : –

$$m_{rel} = \gamma m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$

س5 / هنالك قول يقول ان المادة لا تفنى ولا تستحدث فهل تعتقد ان هذا صحيح ؟

الجواب / كلا اذ يمكن تحويل الطاقة الى مادة او المادة إلى طاقة.

س6 / هل يمكن لجسم ما من ان تصل سرعته إلى سرعة الضوء ؟

الجواب / لا يمكن ان نتصور إمكانية الوصول إلى سرعة الضوء لان ذلك يعني ان كتلة الجسم ستصبح مالا نهاية ولا توجد لدينا قوانين في الوقت الحاضر لتفسير حركتها.

حل المسائل

س1 – باتحاد غرام واحد من الهيدروجين مع ثمانية غرامات من الأوكسجين يتكون تقريباً تسعة غرامات من الماء مع تحرر كمية ($2.86\times10^{5}J$) من الطاقة ، احسب كمية الكتلة المتحولة نتيجة هذا التفاعل

الحل :

$$E=mc^2$$

$$2.86x10^5 = m\ x\ (9\ x\ 10^{16})$$

كمية الكتلة المتحولة نتيجة هذا التفاعل $m=3.178x10^{-9}\ g$

س2 – اذا كان مقدار الطاقة المنتجة من الشمس في الثانية الواحدة هي $3.77\times10^{26}Watt$ فما مقدار ما تفقده الشمس من كتلة في الثانية الواحدة؟

الحل :

$$E=mc^2$$

$$3.77x10^{26}x1 = mx9x10^{16}$$

مقدار ماتفقده الشمس من كتلة في الثانية الواحدة $m=4.2x10^9\ kg$

س3 – يرسل رواد فضاء رسالة إلى محطة مراقبة على الأرض يبلغونهم أنهم سينامون ساعة واحدة ثم يعاودون الاتصال بهم بعد ذلك مباشرة فإذا كانت سرعة المركبة $0.7c$ بالنسبة للأرض فما الزمن الذي يستغرقه رواد المركبة في النوم كما يقيسه مراقبون في محطة المراقبة على الأرض.

الحل :

$$t=\frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow t=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{(0.7c)^2}{c^2}}}$$

$$t=\frac{1}{\sqrt{0.94}}=\frac{1}{0.714}$$

$t = 1.4h$ الزمن الذي يقيسه مراقبون في محطة المراقبة على الارض

س4 – مسطرة طولها 1m تسير بسرعة تبلغ نصف سرعة الضوء باتجاه طولها ما هو طول المسطرة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الأرض ؟

الحل :

$$L = L_{\circ}\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

$$L = 1\times\sqrt{1-\frac{(0.5c)^2}{c^2}}$$

$$= \sqrt{1-(0.5)^2}$$

$$= \sqrt{0.75} = 0.866m$$

طول المسطرة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الارض

س5 – إذا كان طول مركبة فضائية 25m عندما تكون ساكنة على سطح الأرض و 15m عند مرورها بسرعة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الأرض فما سرعة هذه المركبة الفضائية ؟

الحل :

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

$$15 = 25\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

$$\frac{15}{25} = \sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{9}{25} = 1-\frac{\upsilon^2}{c^2}$$

$$\frac{\upsilon^2}{c^2} = 1-\frac{9}{25} \Rightarrow \upsilon^2 = \frac{16}{25}c^2$$

$$\upsilon = 0.8c$$

سرعة هذه المركبة الفضائية

س6 – ما الزيادة في كتلة بروتون $\left(m_0 = 1.6726\times10^{-27}\,kg\right)$ اذا كانت سرعته تساوي $(0.9c)$ ؟

الحل :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{(0.9c)^2}{c^2}}}$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{0.19}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = 2.2942$$

$$m = 2.2942 \times m_0 \Rightarrow \Delta m = m - m_0$$

$$\Delta m = 2.2942 \times m_0 - m_0 = 1.3 m_0$$

$$\Delta m = 1.3 \times 1.6726 \times 10^{-27}$$

$$\Delta m = 2.17 \times 10^{-27}\ kg$$

س7 – ما السرعة المطلوبة لزيادة كتلة جسم ما بمقدار 10% من كتلته السكونية؟

الحل :

$$m = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$

$$100\% + 10\% = 110\% = 1.1$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} = 1.1$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow (1.1)^2 = \frac{1}{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

$$1.21 - 1.21\frac{\upsilon^2}{c^2} = 1 \Rightarrow \frac{0.21}{1.2} = \frac{\upsilon^2}{c^2}$$

$$\upsilon^2 = 0.175 c^2 \Rightarrow \upsilon = 0.418c$$

س8 – برهن على ان الزيادة المئوية لكتلة جسم تساوي 15.47% اذا تحرك الجسم بسرعة تساوي نصف سرعة الضوء

الحل :

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.25}}$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{0.866} = 1.1547$$

$$\frac{m}{m_0} = 1.1547 \times 100\% = 115.47\%$$

$115.47\% - 100\% = 15.47\%$ الزيادة المئوية لكتلة الجسم

س9 – يتحرك جسم طوله $2m$ بسرعة معينة مقدارها υ ، فاذا علمت ان راصداً ساكناً بالنسبة للجسم قد قاس طوله فوجده يساوي $0.8m$ فكم هي السرعة التي يتحرك بها الجسم؟

الحل :

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$\frac{L}{L_0} = \sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{0.8}{2} = \sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

$$0.16 = 1-\frac{\upsilon^2}{c^2} \Rightarrow \frac{\upsilon^2}{c^2} = 0.84$$

$\upsilon = 0.9165c$ السرعة التي يتحرك بها الجسم

س10 – ما سرعة جسيم طاقته الحركية النسبية تساوي ثمانية امثال طاقة كتلته السكونية ؟

الحل :

$$KE = mc^2 - m_\circ c^2 = 8m_\circ c^2$$

$$mc^2 = 9m_\circ c^2$$

$$\frac{m}{m_\circ} = 9$$

$$\frac{m}{m_\circ} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$

$$\therefore\ 9 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow \sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}} = \frac{1}{9}$$

$\upsilon = 0.9938c$

س11 – ما سرعة إلكترون اذا كانت طاقته الحركية النسبية تساوي 1.0MeV ؟

علما بان كتلة الإلكترون السكونية تساوي ($9.1\times10^{-31}\,kg$ ، $1MeV=1.6x10^{-13}\,J$)

الحل :

$$KE = mc^2 - m_\circ c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right) m_\circ c^2$$

$$1.6 \times 10^{-13} = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \times 9.1 \times 10^{-31} \times (3\times10^8)^2$$

$v = 0.9409\ c$

س12 – سفينة فضاء سرعتها 0.999c انطلقت من الأرض إلى النجم سانتوري الذي يبعد عن الأرض مسافة $(4.3\times10^{16}\text{m})$ ، احسب زمن الذهاب والإياب الذي تسجله ساعة مثبتة في السفينة وقارن بالزمن الذي تسجله الساعات الأرضية .

الحل :

بتطبيق علاقة السرعة بالمسافة

$$\upsilon = \frac{x}{t} \Rightarrow t = \frac{x}{\upsilon}$$

$$t = \frac{2 \times 4.3 \times 10^{16}\ m}{0.999\ \times 3\times10^8\ m/s}$$

$t = 2.8695 \times 10^8\ s = 9.0992\ year$ زمن الذهاب والاياب

بتطبيق قانون الزمن النسبي

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$

$$9.0992 = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{(0.999c)^2}{c^2}}}$$

$t_\circ = 0.4068\ y$

$$\frac{t}{t_0} = \frac{9.0992}{0.4068} = 22.4 \Rightarrow t = 22.4t_0$$

وهذا يوضح ان الساعات الأرضية تسجل زمناً أكثر من الزمن الذي تسجله ساعة السفينة الفضائية .