

الفيزياء وقفزة فيليكس

أ. مها فيصل منصور
د. ريم محمد الطويرقي
قسم الفيزياء – جامعة الملك عبدالعزيز

جمع العالم قبل أيام قليلة حدث فريد من نوعه وهو تلك القفزة الرائعة للمغامر النمساوي فيليكس بومغارتنر من ارتفاع 39 كيلومتر إلى سطح الأرض و التي أخرجتنا من عالمنا اليومي الضيق المألوف إلى عالم أكثر رحابة مكانياً و معنوياً. لكن مع الاهتمام الشعبي العالمي ظهرت الكثير من المعلومات المغلوطة حول ما ستحدثه هذه القفزة التاريخية على القوانين الفيزيائية التي حكمتها وعلى أهميتها العلمية وأثرها على مستقبل العلوم. مما تداوله المتابعون الزعم أن قفزة فيليكس أثبتت خطأ قانون نيوتن للسقوط الحر كما أثبتت خطأ ما ادعاه نيوتن منذ قرون من أن الإنسان لا يستطيع أن يكسر حاجز الصوت وإن استطاع ذلك فسوف يتحول جسده إلى أشلاء و يموت من لحظته، يبدو أن هناك نوع من الرغبة الشعبية العامة في الانتقام من السير نيوتن لكثرة قوانينه التي عانى من دراستها الطلاب منذ مئات السنين! دعونا نحاول أن نفهم سوياً حقيقة الأمر.

- ما الذي أراد فيليكس تحقيقه بهذه القفزة؟
فيليكس هو مغامر مشهور قام بالكثير من القفزات المظلية الخطرة سابقاً و لكنه أراد أن يقوم بقفزة أخيرة أعظم من كل ما سبقها ليعلن بها تقاعده، و هنا بدأ مشروع قفزته الأخيرة التي استمر التحضير لها أكثر من سنتين.
سيناريو القفزة: يرتدي فيليكس السترة الواقية التي تم تصميمها و تصنيعها خصيصاً لهذه المهمة، ثم يركب داخل كبسولة ترتفع به إلى 37 كم فوق سطح الأرض بواسطة بالون مليء بالهيليوم، ثم يخرج منها و يسقط سقوطاً حراً نحو الأرض، وحين يقترب من سطح الأرض يفتح الباراشوت ليبطئ سرعته و يصل إلى الأرض سالماً.
الأرقام القياسية التي خطط فيليكس لكسرها بهذه القفزة هي كالتالي:
1. الرقم القياسي لأعلى قفزة مظلية.
2. الرقم القياسي لأطول مدة يقضيها إنسان في حالة سقوط حر.
3. الرقم القياسي لأعلى رحلة بشرية باستخدام بالون أو منطاد.
4. الرقم القياسي لأقصى سرعة خلال سقوط بشري حر. و أن يصبح فيليكس أول إنسان يخترق حاجز الصوت (أي ينتقل بسرعة أكبر من سرعة الصوت) بدون مركبة.

لعل الهدف الرابع هو الذي حظي بأكبر اهتمام شعبي وهو أكثر هدف انتشرت حوله مفاهيم فيزيائية خاطئة. فلننظر إذا ما هي إمكانية تحقيق هذا الهدف فيزيائياً و هل كسر حاجز الصوت أثناء السقوط الحر يدحض أي قانون فيزيائي؟ حتى تتمكن من ذلك علينا أن نفهم أولاً ما معنى السقوط الحر وبعض المفاهيم الفيزيائية المرتبطة به.

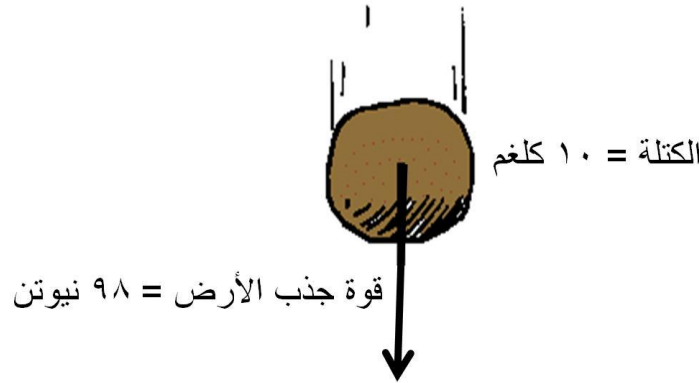
• ماذا يعني السقوط الحر؟

أن يسقط جسم ما سقوطاً حراً يعني ذلك أنه أثناء سقوطه لم تؤثر عليه سوى قوة وحيدة هي قوة الجاذبية الأرضية، وهذه القوة هي التي نعرفها بوزن الجسم. مثال ذلك الكرة المقذوفة لأعلى و القلم حين يسقط من يدك نحو الأرض و أيضا قذيفة المدفع حين تحلق في الهواء، في جميع هذه الحالات القوة الوحيدة المؤثرة على هذه الأجسام هي قوة جذب الأرض (وذلك بإهمال مقاومة الهواء ولكننا سنتحدث عن تأثيرها لاحقاً).

العلاقة الرياضية التي تصف قوة جذب الأرض للأجسام هي:

$$\text{قوة جذب الأرض (وزن الجسم)} = \text{التسارع بسبب الجاذبية الأرضية} \times \text{كتلة الجسم.}$$

مقدار التسارع بسبب الجاذبية الأرضية هو مقدار ثابت عندما يكون الجسم قريباً من سطح الأرض ويساوي $9,8 \text{ م/ث}^2$ ، لذا فإن قوة جذب الأرض للجسم ستزداد بزيادة كتلة الجسم. الشكل (1) يوضح حجراً كتلته 10 كيلو جرام في حالة سقوط حر.



$$\text{التسارع} = \text{القوة/الكتلة} = 9,8 \text{ م/ث}^2$$

شكل (1): جسم ساقط سقوطاً حراً.

في حالة السقوط الحر، وكما وضحنا سابقاً، فإن قوة جذب الأرض هي القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم الساقط، واستناداً لقانون نيوتن الثاني والذي ينص على أن مجموع القوى المؤثرة على جسم ما تساوي كتلة الجسم مضروبة في تسارعه فإن هذا الجسم الساقط سقوطاً حراً سيتسارع أثناء سقوطه بمقدار $9,8 \text{ م/ث}^2$ ، أي أن سرعة الجسم ستزداد بمقدار $9,8 \text{ م/ث}$ بعد مرور كل ثانية، أي أن سرعة الجسم سوف تتزايد بشكل مستمر مع كل ثانية إضافية طوال فترة سقوطه إلى أن يرتطم بالأرض. يمكننا تلخيص ما سبق بما يمكن أن نسميه قانون نيوتن للجسم الساقط سقوطاً حراً.

حسب التوضيح السابق، يمكننا القول أنه كلما زادت مسافة رحلة الجسم الساقط، كلما زاد زمن هذه الرحلة وبالتالي زادت الثواني التي تسمح للجسم بالتسارع وزيادة سرعته بشكل مطرد، أي لا توجد سرعة قصوى للجسم الساقط أو حد لا يمكن تخطيه (ما عدا الحد الأعلى للسرعات وهو سرعة الضوء). لذا من الممكن أن يصل الشخص أو الجسم الساقط لسرعات عالية بلا حدود كلما كان سقوطه من ارتفاع أعلى لأن ذلك يتيح له زمنا أكبر يمكنه من زيادة سرعته خلاله قبل أن يصل على الأرض^[1].

لكن لماذا إذا انتشر بين الناس أن وصول فيليكس أثناء قفزته لسرعات أقصى من سرعة الصوت يخالف قانون نيوتن و يثبت خطأه ؟ وأن هناك سرعة قصوى للشخص الساقط سقوطا حرا لا يمكن بأي حال من الأحوال تجاوزها ؟ لنفهم كيف حدث هذا الخلط لا بد أن نتطرق لمفهوم ممانعة الهواء للجسم الساقط و مفهوم السرعة الحدية.

● قوة ممانعة الهواء (drag force) و السرعة الحدية (terminal velocity) :

أي سائل أو غاز عندما يتحرك خلاله جسم ما فإنه يقاوم حركته و يمانعها. لعلنا جميعا نشعر بذلك حين نخرج أيدينا من السيارة أثناء تحركها بسرعة عالية. قوة الممانعة هذه بطبيعة الحال تعاكس إتجاه حركة الجسم. بالنسبة للأجسام المتحركة بسرعات كبيرة نسبيا، كما هو الحال مع صديقنا فيليكس، فإن هذه القوة الممانعة تتناسب طرديا مع مربع سرعة الجسم وهو أيضا أمر نلاحظه في حالة أيدينا الممتدة خارج نافذة السيارة فكلما ازدادت سرعة السيارة شعرنا بأن قوة الهواء على يدينا أصبحت أكبر وأكبر. تعتمد قوة الممانعة أيضا على عوامل أخرى مثل شكل الجسم وأبعاده. فكلما كبر سطح الجسم كلما تعرض للممانعة أكبر.

في الحقيقة، جميع الأجسام الساقطة في مجال الغلاف الجوي تتعرض لقوة ممانعة الهواء ولكن في أغلب الحالات تكون هذه القوة صغيرة جدا مقارنة بوزن الجسم فيلجأ العلماء إلى إهمالها كليا عند إجراء أي حسابات. لكن هناك حالات لا يمكن إهمالها فيها وهي التي تكون فيها قيمة قوة ممانعة الهواء قريبة من وزن الجسم، وكلنا رأينا سابقاً ريشة تسقط في الهواء ونعلم كم هي كبيرة قوة ممانعة الهواء لها .

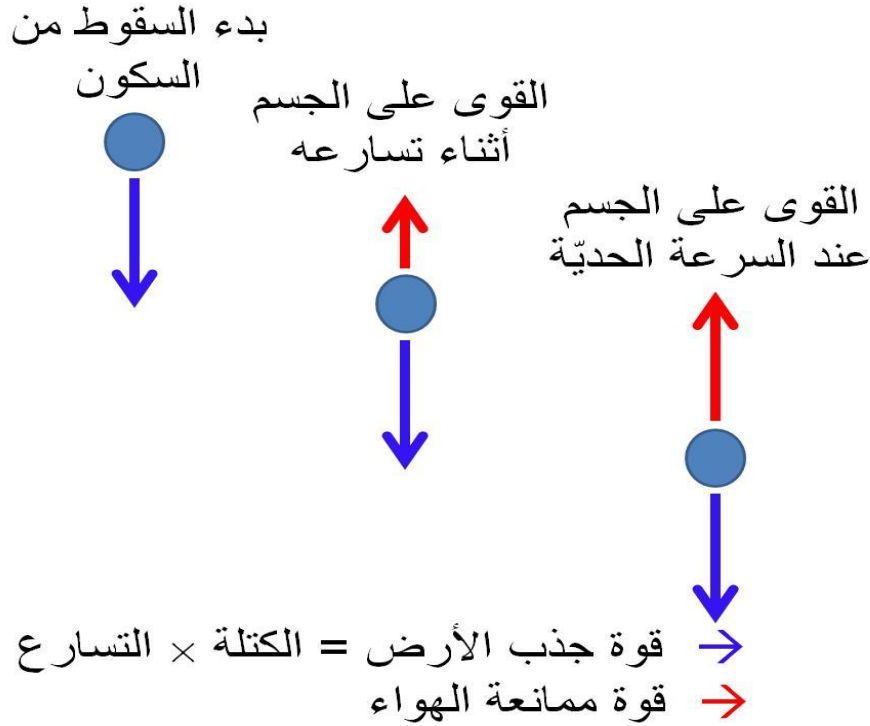
ما يهمنا في حالة القفز المظلي هو أن السرعات التي يمكن أن يصل لها الإنسان الساقط سقوطا حرا قد تكون كبيرة جدا وسيترتب على ذلك أن قوة ممانعة الهواء له ستزداد أيضا بما أنها تتناسب مع مربع سرعته، هنا لا يعود بإمكاننا إهمالها.

يمكننا الآن ملاحظة أن لفظة "سقوط حر" للمظلي لم تعد دقيقة في الحقيقة لأن وزن الجسم لم يعد هو القوة الوحيدة المؤثرة عليه بل أضيفت لها قوة ممانعة الهواء ومع ذلك فإن الكلمة أصبحت دارجة في مجال القفز المظلي و مستخدمة دوما رغم خطئها من الناحية الفيزيائية.

لنتتبع الآن جسما يسقط من ارتفاعات كبيرة، يبدأ الجسم بالسقوط نحو الأرض تحت تأثير جاذبيتها بسرعة صغيرة وتتزايد هذه السرعة مع زيادة زمن سقوطها، في هذه الأثناء تبدأ ممانعة الهواء بالتأثير على الجسم في الاتجاه المعاكس ولكما زادت سرعة الجسم أثناء سقوطه زادت ممانعة الهواء له. تظل سرعة السقوط في ازدياد وقوة ممانعة الهواء في ازدياد أيضا إلى أن يصل الجسم

للحظة تكون فيها قوة جذبته للأرض مساوية لقوة ممانعة الهواء له، وهذا يعني أن الجسم تؤثر عليه الآن قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه ومحصلتهما تساوي صفر. معنى أن القوة المؤثرة على الجسم تساوي الآن صفراً هو أنه لا توجد قوة تساهم في زيادة تسارعه فيكمل الجسم سقوطه بسرعة ثابتة وهذا متطابق مع قانون نيوتن الأول والذي ينص على أن: "الجسم الساكن يبقى ساكن و المتحرك بسرعة ثابتة يبقى متحرك بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالة حركته". تسمى السرعة الثابتة التي يصل لها الجسم الساقط بالسرعة الحدية (terminal velocity) [2].

يوضح الشكل (2) حركة جسم تحت تأثير قوة جذب الأرض له و قوة ممانعة الهواء و وصوله للسرعة الحدية.



شكل (2): القوى التي تؤثر على جسم أثناء سقوطه.

من هذا المنطلق، ظن الكثير من الناس أن المظلي الساقط سقوطاً حراً لا يمكن أن تتعدى سرعته سرعة الصوت و ذلك لأن قوة ممانعة الهواء له ستقل من سرعته وهذا فهم صحيح لكن لا يوجد أي قانون فيزيائي يضع قيمة قصوى للسرعة الحدية التي يمكن أن يصل إليها الجسم الساقط. إذا كيف يمكن أن يكون كسر فيلكس لحاجز سرعة الصوت، إن كان قد كسره فعلاً، قد خالف قوانين الفيزياء!؟

يمكن حساب السرعة الحدية للمظليين أثناء سقوطهم من الارتفاعات المعتادة والتي يقفز منها أغلب المظليين بمعرفة كثافة الهواء عند ذلك الارتفاع ولقد وُجد أنها تتراوح في الغالب بين 200 و 320 كم/ ساعة [3] [4] تبعاً لطريقة القفز، فالقفز بيدين و رجلين مضمومتين للجسم يقلل مساحة جسم المظلي فتقل مقاومة الهواء له و تزداد سرعته الحدية. وإذا علمنا أن سرعة الصوت في درجات

الحرارة والضغط العادية (20 درجة مئوية و ضغط جوي واحد) هي 1225 كم / ساعة عندها يمكننا أن نرى الفرق الشاسع بين سرعة الصوت و السرعة الحدية للمظليين.

لقد كسر فيليكس حاجز الصوت حيث وصلت سرعته أثناء سقوطه للرقم 1342 كم/ساعة حسب الأرقام الأولية^[5] (قد تختلف هذه الأرقام قليلا بعد التمهيص من الهيئات المختصة في الأسابيع القليلة القادمة و لكن يبدو أنه بات من المؤكد أنه اخترق بالفعل حاجز الصوت)، لكن السبب في ذلك ليس خطأ في قانون نيوتن للجسم الساقط سقوطا حرا ولا خطأ في قوانين قوة ممانعة الهواء والتي حسبت بواسطتها السرعة الحدية للمظليين ولكن لأن قوانين الفيزياء تسمح له بذلك.

إن السبب الرئيس في مقدرة فيليكس على تخطي حاجز الصوت هو أن السرعة الحدية للمظلي الساقط من ارتفاع معتاد تحسب أخذة في الاعتبار كثافة الهواء على ارتفاعات قريبة من سطح الأرض، أما في مثل قفزة فيليكس فلقد سقط من ارتفاع شاهق جدا وكثافة الهواء عند هذه الارتفاعات صغيرة جدا (يكاد يكون الهواء معدوما)، بالتالي مقاومة الهواء للجسم الساقط صغيرة ولن تصل لقيمة تعادل قيمة قوة جذب الأرض لهذا الجسم إلا عند وصول الجسم لسرعات عالية جدا. أي أن السرعة الحدية خلال الجزء الأول من رحلة سقوط من ارتفاعات شاهقة يمكن أن تصل لقيمة أكبر من سرعة الصوت و هذا ما حدث لفيليكس، وخصصنا هنا الجزء الأول من الرحلة تحديدا لأن كثافة الهواء تبدأ في التزايد تدريجيا كلما هبط فتزيد بذلك قوة ممانعة الهواء و تبدأ السرعة الحدية بالتناقص.

● هل نجح فيليكس في تحقيق أهدافه و كسر الأرقام القياسية التي عزم على كسرها؟

لنتعرف أولا على أصحاب الأرقام القياسية السابقة والسياق التاريخي لها. لعل من المدهش أن صاحب ثلاثة من هذه الأرقام هو مدرب فيليكس نفسه واسمه جوزيف كيتنجر والذي كان يعمل في سلاح الجو الأمريكي قبل تقاعده. هذه الأرقام هي أعلى قفزة وأطول مدة سقوط حر وأقصى سرعة تم الوصول لها خلال السقوط الحر. أما الرقم الخاص بأكبر ارتفاع لبالون يحمل إنسان فكان من نصيب مغامر هاوي اسمه نيكولاس بيانانيدا سنة 1966م.

أرقام كيتنجر القياسية والتي أحرزها سنة 1960م كانت من ضمن سلسلة اختبارات أجراها سلاح الجو الأمريكي على القفزات من ارتفاعات شاهقة. السبب وراء هذه السلسلة كان تزايد الخوف على الطيارين الحربيين والمدنيين الأمريكيين من مخاطر القفز من مركباتهم التي باتت تطير على ارتفاعات كبيرة والتي يضطر الطيارون في بعض الأحيان للقفز منها لإنقاذ أنفسهم عند حدوث خلل في طائراتهم أو تعرضها للإسقاط بنيران العدو. كان الهدف من قفزات كيتنجر هو محاولة الوصول لتقنية مثلى لصناعة سترات ومظلات هبوط آمنة تقلل من مخاطر القفز من الارتفاعات الشاهقة، وبالفعل ساهمت تلك الاختبارات في تطوير هذه التقنية كثيرا.

ما هي الأرقام القياسية التي حطمها فيليكس؟

1. أعلى قفزة مظلية : نعم تمكن من تحطيمه بالقفز من ارتفاع 39 كم في مقابل رقم كيتنجر السابق وهو 31.3 كم.
2. الوصول لأعلى سرعة خلال عملية السقوط الحر: نعم كسر فيليكس الرقم القياسي و كسر معه حاجز الصوت نفسه! المعلومات الأولية تشير إلى أن أقصى سرعة سجلتها المستشعرات الموجودة في سترة فيليكس هي كما ذكر سابقا 1342 كم/ساعة وهي أكبر من سرعة الصوت، بينما رقم كيتنجر القياسي السابق فكان 988 كم/ساعة فقط. و يرجع عدم كسر كيتنجر لحاجز الصوت في قفزته إلى عاملين: أولهما أنه بدأها من ارتفاع أقل من الارتفاع الذي بدأ به فيليكس قفزته وبالتالي لم يكن لديه وقت كافٍ للوصول لسرعة حدية عالية ، وثانيهما أنه استخدم مظلة صغيرة خلال المرحلة الأولى من السقوط لتجربة إمكانية استخدامها من قبل الطيارين للتقليل من مخاطر الدوران حول النفس عند السقوط. الجدير بالذكر أيضا أن سرعة الصوت تقل كلما ارتفعنا لأعلى بسبب النقص في كثافة الهواء لتصبح تقريبا 1083 كم/ساعة على ارتفاع 29 كم فقط بدلا من 1225 كم / ساعة عند سطح البحر.
3. أعلى رحلة بالونية مأهولة : نعم .
4. أطول مدة سقوط حر: لا! هذا الرقم يحتفظ به كيتنجر و هو 4 دقائق و 45 ثانية^[6]. بينما رقم فيليكس فهو أكبر بمقدار 17 ثانية فقط، والسبب في ذلك أن فيليكس أطلق مظلته مبكرا عن الموعد المخطط له و يبدو أن ذلك كان بسبب عطل في أداة تسخين الجزء الشفاف من خوذته الذي يرى من خلاله و أن ذلك أدى إلى تجمع بخار عليه ومن ثم انعدام الرؤية مما اضطره لفتح الباراشوت حفاظا على سلامته، هذا ما ذكر في المؤتمر الصحفي الذي عُقد بعد القفزة.

● مفاهيم أخرى خاطئة عن قفزة فيليكس:

تحدثنا مطولا مسبقا عن الخطأ في افتراض أن وصول فيليكس لسرعة أكبر من سرعة الصوت يخالف قانون نيوتن، لكن هل هناك مفاهيم أخرى خاطئة حول القفزة؟ الإجابة هي نعم ولنتعرف على بعض منها:

١ -التساؤل كيف يمكن للجاذبية الأرضية أن تعمل على فيليكس وهو خارج الغلاف الجوي؟ ألا يصبح الإنسان عديم الوزن في الفضاء ويتوقف تأثير الجاذبية الأرضية عليه؟

هذا التساؤل يحمل في طياته خطئين علميين.

الخطأ العلمي الأول هو الزعم بأن فيليكس بدأ قفزته من خارج الغلاف الجوي و هذا ليس صحيحا. الغلاف الجوي ينقسم لخمسة أقسام : التروبوسفير - الستراتوسفير - الميزوسفير - الثيرموسفير و الإكسوسفير، ويمتد الإكسوسفير حتى ارتفاع 10 آلاف كم ولا ينتهي الغلاف الجوي في الحقيقة بشكل مفاجئ عند أي نقطة وإنما تقل كثافة جزيئات الغازات المكونة له تدريجيا حتى يندمج. كما يوجد تعريف آخر لحد الغلاف الجوي يعرف

بخط كارمان وهو خط على ارتفاع 100 كم و يمكن اعتباره كحد اصطلاحي للغلاف الجوي وهو حد تقريبي للارتفاع الذي تصبح كثافة الغلاف الجوي بعده قليلة جدا. بغض النظر عن أي من التعريفين نستند إليه فإن كليهما يدلان على أن فيليكس لم يخرج خارج الغلاف الجوي و إنما كان في منطقة الستراتوسفير.

أما الخطأ العلمي الثاني فهو افتراض أن الجاذبية الأرضية تنعدم عند انعدام الغلاف الجوي. إن تجاذب الكواكب وتجاذب أي جسمين على العموم يخضع لقانون الجذب العام لنيوتن (يبدو أننا لا نستطيع الفكك من نيوتن!) وينص هذا القانون على أن قوة الجذب بين جسمين تتناسب طرديا مع كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما. إذا قوى التجاذب بين جسمين لا تنعدم عند أي مسافة بل تقل تدريجيا، وفي الواقع لا تنعدم الجاذبية في أي مكان من الفضاء إلا في المناطق البعيدة تماما عن أي جرم سماوي!

السؤال الذي قد يتبادر إلى الأذهان الآن هو كيف يسبح رواد الفضاء داخل مركباتهم ويشعرون بأنهم عديمي الوزن مع استمرار جذب الأرض لهم؟! و لماذا لا يسقطون إلى الأرض؟ في الواقع هم في حالة سقوط حر ولذلك لا يشعرون بوزنهم، فشعور الإنسان بوزنه ما هو إلا شعوره بقوة دفع الأرض له تحت رجليه، ورواد الفضاء داخل مركباتهم يسقطون هم ومركباتهم بنفس السرعة فلا يوجد تحت أرجلهم جسم صلب يشعرون بدفعه، وهذا تماما ما يشعر به الإنسان من انعدام وزنه حينما يبدأ المصعد بالهبوط بسرعة أو في حالة ركوب ألعاب السقوط الحر في مدن الملاهي. إن أي مركب فضائي يدور حول الأرض هو في الواقع يسقط عليها مثل قذيفة مدفوع لكن هذا المدفع قوي جدا بحيث يجعل مسار قذيف المركب كبير جدا هو في الواقع دائرة حول الكرة الأرضية. في حالة صديقنا فيليكس فهو لم يقذف وإنما سقط رأسيا تجاه الأرض وهذا هو الفرق بينه وبين رواد الفضاء داخل المركبات الفضائية.

٢-التعجب من عدم احتراق فيليكس عند دخوله الغلاف الجوي كما تحترق المذنبات وكما تسخن سفن الفضاء لدرجة التوهج؟

يتكرر هنا الفرض الخاطئ بأن فيليكس بدأ سقوطه من خارج الغلاف الجوي، أضف على ذلك أن احتراق المذنبات والسفن ينتج عن الولوج لمنطقة المجال الجوي الكثيف (خط كارمان الذي تحدثنا عنه سابقا) بسرعات عالية جدا (عشرات أضعاف سرعة الصوت) مما يسبب انضغاط جزيئات الهواء حولها بشكل كبير وارتفاع درجة حرارتها بفعل الاحتكاك للحد الذي يمكن أن يصل للتوهج والاحتراق. أما في حالة فيليكس فقد بدأ من سرعة الصفر ولم تبلغ سرعته القصوى سوى أكبر بقليل من سرعة الصوت ولفترة ثواني معدودة. هذه السرعة وإن كانت كافية لتوليد حرارة كبيرة نسبيا وكافية لحرق الإنسان العادي إلا أن فيليكس كان يرتدي سترة واقية عازلة حراريا ومجهزة لاحتمال درجات حرارة منخفضة جدا ومرتفعة جدا.

هل يستطيع الإنسان أن يصمد خلال تخطيه حاجز الصوت؟

الاعتقاد الشائع هو أن الإنسان سيتقطع إلى أشلاء أثناء تخطيه حاجز الصوت وهذا هو بالفعل ما سيحدث له إلا إذا تم توفير سترة تستطيع حمايته.

لقد رصد فريق العمل عند التخطيط للقفزة جميع المخاطر التي يمكن أن تصيب فيليكس بسوء أثناء قفزته غير المسبوقة. من هذه المخاطر تعرضه للأشعة فوق البنفسجية، والرياح، والاصطدام بالأرض، والتغيرات العنيفة في درجة الحرارة، ونقص الأكسجين، وانخفاض الضغط، والتعرض للموجة الصدمية عند اختراق

حاجز الصوت، والدخول في حالة دوران (flat spin) أثناء السقوط، والأهم حدوث خرق في السترة أو عدم انفتاح المظلة عن اقترابه من الأرض. بناء على هذه المخاطر عمل الفريق على أخذ الإجراءات اللازمة لتجنبها وذلك بالاستعانة بقوانين الفيزياء المعروفة سواء كانت قوانين نيوتن أو غيره.

لننتبع فيلوكس في رحلته، فبعد صعوده بالمنطاد يصل لطبقة الستراتوسفير والتي تمتد من 12 كلم إلى 50 كلم فوق سطح البحر ودرجة الحرارة في هذه الطبقة حوالي -5 درجات مئوية. إن كنا في الأرض نستطيع استنشاق الهواء في عملية التنفس والتي تعني لنا الحياة، فإنه في طبقة الستراتوسفير لا توجد الكمية الكافية من جزيئات الهواء لتبقي الإنسان على قيد الحياة. إذا لكي يبقى فيلوكس حيا يجب أن تُوفر له بيئة تحميه من التجمد وتعين رئتيه على التنفس.

العامل الأول لإيجاد هذه البيئة الآمنة هي الكبسولة التي صعد بها. لقد صممت الكبسولة بحيث يكون فيها نظام تهوية مناسب يقي فيلوكس من الانتقال من درجة حرارة الأرض لدرجة حرارة الستراتوسفير فلا يصاب بصدمة تغير الحرارة كما توفر له الهواء اللازم لاستمرار عملية التنفس.

أما العامل الثاني لمساعدة فيلوكس على البقاء حيا هي السترة والخوذة. لقد صممت لفيلوكس سترة وخوذة خاصة بحيث يبقى داخلها في درجة حرارة ثابتة تحميه من تغيرات درجات الحرارة المتفاوتة في الوسط المحيط به خلال سقوطه بالإضافة على العمل على عدم تكون بخار داخل الخوذة والذي يمكن أن يتكثف على زجاجها أو يتكون جليدا عليها فيحجب رؤيته. كما أن الكبسولة والسترة والخوذة تبقي فيلوكس تحت ضغط مناسب، يتغير مع تغير ارتفاعه أثناء الصعود أو السقوط، لكي لا تتأثر السوائل في داخل خلايا جسمه وتحول إلى بخار، يوضح الشكل (3) تفاصيل سترة فيلوكس^[7].

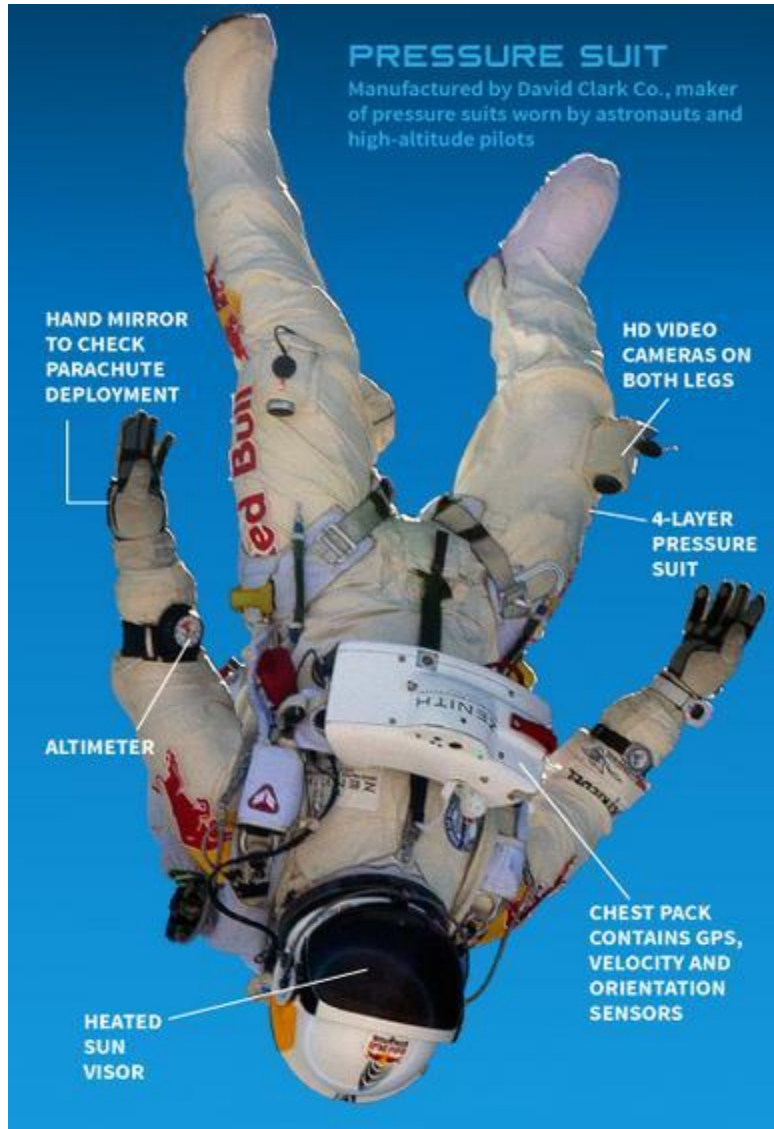
لكن هذه السترة يجب أن تخدم هدفا آخر وهي تحمّلها الانتقال من درجات حرارة منخفضة جدا (-5 درجات مئوية) إلى درجات حرارة عالية جدا نتيجة الاحتكاك مع جزيئات الغلاف الجوي أثناء سقوطه. من هذا المنطلق صممت السترة بحيث تكون طبقتها الخارجية مضادة للحريق وعازلة للحرارة. تتشابه سترة فيلوكس مع تلك التي يلبسها رواد الفضاء ولكن تم تعديلها وتحسينها للتناسب مع ما يتوقع أن يواجهه خلال قفزته^[8].

إن أي خلل في عمل السترة والخوذة ستعني بالتأكيد وفاة فيلوكس وتمزقه، لذا أطلق على سترة فيلوكس نظام داعم للحياة (life support system) لأنه بمجرد أن يقفز فإن هذه السترة هي الحماية الوحيدة له بعد حماية الله سبحانه وتعالى.

بعيدا عن السترة هناك مخاطر أخرى قد تلحق بفيلوكس السوء والتي منها الدوران غير الإرادي نتيجة الرياح والذي قد يصيبه بدوار يدخله في حالة إغماء فيفقد التحكم ولا يتمكن من فتح مظلته، وأيضا الدوران بسرعات كبيرة قد يؤدي إلى تلف في الدماغ وانفجار في طبلة الأذن وفقاً العينين. لذا كان من الضروري اختيار الظروف الجوية المناسبة للقفزة وأيضا الحرفية العالية في المظلي للخروج من هذه الحالة في حالة حدوثها.

إن القفز من هذا الارتفاع لم يكن له سابقة، لذا لا يعلم الأطباء ما هي الآثار التي يمكن أن تحدث للإنسان أثناء وصوله لذلك الارتفاع أو عند السقوط بسرعة تتخطى حاجز الصوت. من هذا المنطلق تم لصق بعض المستشعرات في جسم فيليكس لقياس متغيرات عديدة والتي بالتأكيد ستساعد مستقبلا في تصميم سترات تستطيع إنقاذ رواد الفضاء في حال سقوطهم من مركباتهم في حالات الطوارئ فيسقطون سقوطا حرا آمنا إلى الأرض.

عندما سئل فيليكس عن الإحساس الذي شعر به عندما تخطى حاجز الصوت أجاب أنه لم يشعر بشيء يُذكر وذلك لأن السترة وفرت له الحماية اللازمة من القوى الخارجية ومن فرقة تخطي حاجز الصوت نتيجة تكوّن الموجات الصدمية، لذا يمكن اعتبار أن السترة عملت مثل جسم الطائرات الحربية أو طائرات الكونكورد التي تحمي الإنسان من آثار اختراق حاجز الصوت.



الشكل (3) مواصفات سترة فيليكس.

إذا هل كانت لهذه القفزة أي أهمية علمية أم أنها مجرد جنون مغامر يتوق لسريان الأدرينالين في جسده ودعاية لشركة كبيرة تهدف لزيادة مبيعاتها؟

في الواقع هي كل ذلك في آن واحد، فقفزة فيليكس مهمة علميا لكن ليس لأنها أثبتت خطأ قانون ما لنيوتن أو غيره أو أنها ستحدث ثورة في علم الفيزياء، لكن تكمن هذه الأهمية في أنها ستوفر للعلماء معلومات هامة تحسن من فهمهم لشروط السترة المثلى لحماية الإنسان الساقط من ارتفاعات عالية، و الذي قد تتجاوز سرعة سقوطه سرعة الصوت. مستقبلا قد تنقذ هذه المعرفة الجديدة رواد الفضاء أو الطيارين أو حتى ركاب الطائرات من الموت المحقق في حالة حدوث خلل في مركبتهم واضطرارهم لإخلائها والسقوط من هذه الارتفاعات العالية. وهذه المعرفة الجديدة ليست قاصرة على خصائص السترة إنما تمتد إلى الكبسولة والمظلة فكلها ستثري تقنية تصنيع معدات قد تساعد في سفر الإنسان إلى ارتفاعات فوق مستوى التروبوسفير وزيارته أو إقامته في محطات فضائية. إنها خطوة صغيرة في طريق الإنسان لأن يخرج من شرنقته الأرضية و يتجه للفضاء الفسيح ليعمره.

وختاماً، من المدهش أن قوانين الفيزياء التي ظنّ البعض أن قفزة فيليكس ألغتها هي نفسها القوانين التي تم الاستعانة بها لتحقيق هذه القفزة، وسيطلب الأمر أكثر من مجرد قفزة لإبطال القوانين الفيزيائية!

المراجع

- [1] Conceptual Physics, Paul Hewitt, Addison Wesley Publishing Company; 10 edition (2006)
- [2] Fundamental of Physics, Halliday, Risnick and Walker, Wiley; 8 edition (2007)
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Terminal_velocity
- [4] <http://hypertextbook.com/facts/JianHuang.shtml>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Felix_Baumgartner
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Project_Excelsior
- [7] <http://www.space.com/17923-supersonic-skydive-space-jump-explained-infographic.html>
- [8] <http://www.redbullstratos.com/>