مسألةٌ للطلاب

نهدف في هذه الزاوية إلى تدريب طلّابنا على حلّ بعض المسائل التي تتطلّب بعض التفكير. نختار عادةً مثل هذه المسائل من الأسئلة التي تُلقى في المسابقات (ومنها مسابقات الأولمبيادات الدوليّة). في كلّ عدد، سوف نعرض حلّاً لمسألة عُرضت في العدد السابق ونقدِّم مسألة جديدة

- **مسألة غير محلولة (فيزياء، سنة أولى بعد أخذ مقرّرٍ في الميكانيك):**

يدور ساتِلان (قمران صنعيّان) حول الأرض في مستوٍ واحد وفق مسارَين إهليلجيَّين بتباعدَين مركزيَّين e_1 وe_2، وحيث الزاوية بين محورَيهما الرئيسيَّين هي α، ونرمز لمعدّلَي مسحِ المساحة لقطعتَين مستقيمتَين تربطان الساتِلَين بمركز الأرض بـ L_1 وL_2. ما هي أقصى سرعة نسبية للساتلَين؟ أوجد إجابة مبسطة من أجل $\alpha = 90°$ و$L_1=L_2$، علمًا بأن نسبة دورَي الساتلَين عددٌ غير عادي irrational. يُرمز لكتلة الأرض بالرمز M، وثابت الجاذبية بالرمز G.

مسألة العدد الماضي (فيزياء، سنة ثانية بعد أخذ مقرّرٍ في ميكانيك الموائع):

تُغمَر اسطوانةٌ صمّاء بنصف قطر R وارتفاع H، وكثافة ρ_c في ماء كثافتُه ρ_w. في البدْءِ نبقي على الأسطوانة ساكنةً بحيث محورها شاقولي والمسافة بين وجهها السفلي وقعر الماء h. لحاوية الماء قعرٌ صلبٌ مستوٍ، وعمق الماء داخلها أكبر من H+h. في لحظةٍ ما نترك الاسطوانةَ، فتبدأ بالسقوط. ما هو الزمن المُستغرَق حتى تصدم الأسطوانةُ قعرَ الحاوية؟ أهمِل اللزوجة، وافترض

$$\rho_c > \rho_w, \quad H < R,$$
$$10\rho_c h \ll \rho_w R.$$

الحلّ:

قد يفكّر الطالب أولًا باقتصار القوى المسلَّطة على الأسطوانة على الثقالة ودافعة أرخميدس، ولكن هذا خطأ لأن الأسطوانة في حالة حركة وهناك مقاومة الماء التي ليس لدينا معلومات عنها. يوحي إهمال اللزوجة بتطبيق مصونيّة الطاقة:

$E = K_c + K_w + U_c + U_w$. نرمز بـ x للمسافة بين أسفل الأسطوانة وقاع الحاوية، فيكون (بأخذ مبدأ الطاقة الكامنة للأسطوانة عند القعر):

$$K_c = \frac{1}{2}\pi R^2 H \rho_c \dot{x}^2,$$
$$U_c = \pi R^2 H \rho_c g x,$$
$$U_w = -\pi R^2 H \rho_w g x.$$

في الحقيقة، بالنسبة لطاقة الماء الكامنة، عندما تنخفض الأسطوانة بمقدار h−x، فإن مقدارًا من الماء قدره $\pi R^2(h-x)$ سيُدفَع للجانب ويحلّ محلّه مقدار مماثل فوق الأسطوانة يعلوه بمقدار H، وبالتالي لدينا التغيّر:

© 2025 الجمعيّة العربيّة للفيزياء

$\Delta U_w = \pi R^2(h-x)\rho_w gH$، وباختيار المبدأ عند ركون الأسطوانة تتفسّر الصيغة المكتوبة.

بسبب الفرضيّات، لدينا h<<R، وبالتالي يمكن افتراضُ أن الحركةَ أسفل الأسطوانة شُعّيّة radial بشكلٍ رئيس. تقتضي مصونيّة الكتلة:

$$-\pi r^2 dx\rho_w = 2\pi r x dr\rho_w \overset{dr=v_w dt}{\Rightarrow} -\pi r^2\dot{x} = 2\pi r x v_w \Rightarrow v_w = \frac{r\dot{x}}{2x}$$

ما ينسجم بسبب $(r \le R \gg h > x)$ مع $v_w \gg \dot{x}$ بالنسبة لأغلب قيم r، وبالتالي الطاقة الحركيّة للماء أسفل الأسطوانة:

$$K_w = \int_{r=0}^{r=R} 2\pi r x dr.\frac{1}{2}\rho_w\left(\frac{r\dot{x}}{2x}\right)^2 = \frac{\pi\rho_w R^4\dot{x}^2}{16x}$$

(أخذنا حدّ التكامل إلى r=0 لأن مساهمةَ جوار الصفر في التكامل مهملة). بالنسبة لمساهمة مركّبة السرعة الشاقوليّة في الطاقة الحركيّة أسفل الأسطوانة فهي من رتبة

$$\frac{1}{2}\pi R^2 x\dot{x}^2\rho_w \ll K_w$$

وكذلك نهمل الطاقة الحركيّة للماء فوق الأسطوانة حيث سيبقى الماء عمليًّا ساكنًا. أمّا على جانب الأسطوانة فلدينا بسبب الاستمراريّة:

$\pi R^2\dot{x} + Av = 0$ حيث A سطح الحاوية منقوصًا منه سطح الأسطوانة، وبالتالي المساهمة في الطاقة الحركيّة ستكون من رتبة $\frac{1}{2}AH\rho_w\left(\frac{\dot{x}\pi R^2}{A}\right)^2 = \frac{H\rho_w\dot{x}^2\pi^2R^4}{2A}$ التي نهملها بافتراض $\frac{hH}{A} \ll 1$.

علاوةً على ذلك، وبسبب فرضيّات المسألة لدينا $K_c << K_w$، إذن الطاقة الكليّة المَصونة تُعطى إذن بالعلاقة:

$$\frac{\pi\rho_w R^4\dot{x}^2}{16x} + \pi R^2 H(\rho_c-\rho_w)gx = \pi R^2 H(\rho_c-\rho_w)gh$$

وبالتالي:

$$\dot{x} = -4\sqrt{\frac{gH}{R^2}\left(\frac{\rho_c}{\rho_w}-1\right)x(h-x)}$$،

وبإجراء المكاملة

$$\int_h^0 \frac{dx}{\sqrt{x(h-x)}} = -\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{2h\sin\theta\cos\theta\, d\theta}{\sqrt{h\sin^2\theta\,(h-x)}} = -\pi = -4\sqrt{\frac{gH}{R^2}\left(\frac{\rho_c}{\rho_w}-1\right)}\int_0^T dt$$

أي

$$T = \frac{\pi R}{4\sqrt{gH\left(\frac{\rho_c}{\rho_w}-1\right)}}$$

خبر علمي

نظرية الانفجار العظيم ليست وحدها: هل الكون أزلي بلا بداية؟

رغم أن نظرية الانفجار العظيم (Big Bang) تُعد النموذج الكوني القياسي السائد لتفسير نشأة الكون، إلا أن بعض العلماء باتوا يرون أنها تواجه تحديات متزايدة من حيث التوافق مع الأدلة الرصدية. في مقال نشره الباحث مارتين لوبيز كورّيدويرا (Martín López Corredoira) من معهد الفيزياء الفلكية بجزر الكناري،

© 2025 الجمعيّة العربيّة للفيزياء

يُعيد النظر في هذه النظرية التي ظلّت لعقود تُلقَّن كحقيقة راسخة، ويستعرض نماذج بديلة تستحق الاهتمام.

النموذج المهيمن اليوم (ΛCDM)، المستند إلى معادلات فريدمان والنسبية العامة لأينشتاين، يفترض كونًا يتمدد من نقطة ساخنة وكثيفة قبل 13.8 مليار سنة، ويُفسّر العديد من الظواهر مثل الخلفية الإشعاعية الكونية، وتوزيع المجرات، ونسب وفرة العناصر الخفيفة. لكنه في الوقت ذاته يتطلب مكونات غير مُفسّرة مثل الطاقة المظلمة والمادة المظلمة والتضخم الكوني.

في المقابل، تُطرح نماذج بديلة غير مرتبطة بالانفجار العظيم، أبرزها **نظرية الحالة المستقرة (Steady-State Cosmology)**، التي اقترحها فريد هويل وهيرمان بوندي وتوماس غولد في الأربعينيات. تفترض هذه النظرية أن الكون لا بداية له، وأن المادة تُخلَق باستمرار في الفضاء بمعدل يُبقي على كثافته ثابتة رغم التمدد، مما يُنتج مجرات جديدة تحلّ محل تلك التي تبتعد مع الزمن.

حتى منتصف القرن العشرين، حظيت النظريتان بدعم متوازن، خاصة في تفسير وفرة العناصر الخفيفة، غير أن المجتمع العلمي حسم أمره لصالح الانفجار العظيم، خاصة بعد اكتشاف إشعاع الخلفية الكونية في الستينيات. لكن، كما يشير المقال، لم تُمنح النماذج البديلة فرصة متكافئة، وأُهملت رغم قدرتها على تفسير بعض التناقضات في النموذج القياسي، مثل شباب المجرات البعيدة، أو فائض مصادر الراديو، أو توزيع الكوازارات.

يدعو كورّيدويرا إلى إعادة فتح باب النقاش العلمي حول طبيعة الكون وأصوله، دون افتراض مُسبق بأن للكون بداية. فربما يكون أزليًا، أو يخضع لدورات كونية متكررة — وهو طرح يتطلب جرأة علمية وتحرّرًا من المسلمات السائدة.

The Big Bang Theory Is Not The Only Game In Town

© 2025 الجمعيّة العربيّة للفيزياء