

1. Протонний пучок, що інжектувався в ЛНС (великий адронний колайдер), мав кінетичну енергію 450 Гев (1 Гев=1,6·10<sup>-10</sup> Дж) на протон. 1) Визначити швидкість пучка в одиницях швидкості світла  $c$  ( $c=3,0 \cdot 10^8$  м/с). 2) У фізиці високих енергій використовують так звану природну систему одиниць, в якій стала Планка  $\hbar=h/2\pi=1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с і швидкість світла  $c$  є безрозмірними величинами і дорівнюють одиниці ( $\hbar = c = 1$ ). Використовуючи цю систему, визначити розмірності маси  $M$ , довжини  $L$ , часу  $t$ , швидкості  $v$ , сили  $F$ , електричного заряду  $q$ , напруженості електричного поля  $E$ , індукції магнітного поля  $B$  в еВ. 3) Знайти числові значення 1 см, 1 с і 1 Кл в еВ. 4) В кільце ЛНС інжектується 2 протонні пучки, що рухаються в протилежних напрямках. Кожен пучок містить 2800 груп по 10<sup>11</sup> протонів в кожній. Вважаючи, що протони рухаються зі швидкістю 0.99999991 швидкості світла, визначити енергію всього пучка в Дж. 5) Знайти швидкість поїзда масою 400 тон, кінетична енергія якого дорівнює енергії пучка.

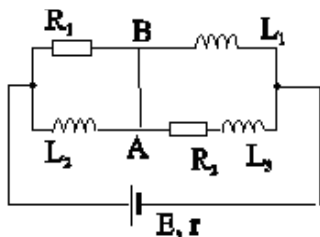
Маса протона 1.67·10<sup>-27</sup> кг, закон Кулона в природній системі одиниць має вигляд  $F = q_1 q_2 / r^2$ .

2. У схемі, що складається із двох опорів, трьох ідеальних котушок індуктивності й неідеального джерела струму, раптово перегоріє перемичка АВ (мал. 1). Чому буде дорівнювати напруга на джерелі відразу після цього? ЕРС джерела дорівнює  $E=12$  В, індуктивність третьої котушки втричі більша від індуктивності другої котушки,  $L_3=3L_2$ .

3. Джерелом сонячної енергії є перетворення водню на гелій. Можна вважати, що в надрах Сонця з чотирьох атомів водню утворюється один атом гелію і два нейтрино, які вилітають з майже світловою швидкістю. При цьому виділяється значна кількість енергії, 2% якої забирають нейтрино. Нейтрино – дуже легкі частинки з надзвичайно великою проникністю. Велетенські товщі речовини для них є практично прозорими. Оцініть кількість сонячних нейтрино, які зараз пронизують об'єм тіла учасника олімпіади масою 50 кг. Уявіть тепер, що такий же учень пролітає на космічному кораблі повз Землю в напрямку її руху зі швидкістю  $v=0,8c$ . Оцініть кількість сонячних нейтрино, які будуть пронизувати космічного мандрівника протягом  $t=5$  год. польоту. Відповідь надайте як з точки зору земного спостерігача, так і пілота космічного корабля. Швидкість світла у вакуумі  $c=300\,000$  км/с, маси водню і гелію дорівнюють 1,0078 а.о.м. і 4,0026 а.о.м., де 1 а.о.м.=1,6605·10<sup>-27</sup> кг. Відомо, що поблизу земної орбіти через перпендикулярний до сонячних променів квадратний метр поверхні щосекунди проходить 1370 Дж енергії сонячного випромінювання. Відстань від Землі до Сонця  $r_0=1,5 \cdot 10^{11}$  м.

4. Для створення штучної гравітації космічна станція спроектована у вигляді циліндра радіусом  $R$ . Її привели в обертання навколо осі циліндра з такою кутовою швидкістю, щоб на внутрішній поверхні циліндра, як і на Землі, відчувалося прискорення вільного падіння  $g$ . Проаналізуйте залежність періоду плоских малих коливань математичного маятника довжиною  $l$  від його розташування всередині станції.

5. З області, де магнітне поле відсутнє, циліндричний електронний пучок потрапляє в область, де магнітне поле складає  $B=3 \cdot 10^{-2}$  Тл і паралельне осі пучка. Визначте характер руху пучка електронів в області, де є магнітне поле. Оцініть кількісні характеристики цього руху.



Мал. 1.

Задачі запропонували С.Й.Вільчинський (1), Є.П.Соколов (2), О.Ю.Орлянський (3-4), І.О.Анісімов (5).

1. Протонный пучок, который инжестировался в ЛНС (большой адронный колайдер), имел кинетическую энергию 450 ГэВ (1 ГэВ=1,6·10<sup>-10</sup> Дж) на протон. 1) Определите скорость пучка в единицах скорости света  $c$  ( $c=3,0 \cdot 10^8$  м/с). 2) В физике высоких энергий используют так называемую естественную систему единиц, в которой постоянная Планка  $\hbar=h/2\pi=1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с и скорость света  $c$  являются безразмерными величинами и равны единице ( $\hbar = c = 1$ ). Используя эту систему, определите размерности массы  $M$ , длины  $L$ , времени  $t$ , скорости  $v$ , силы  $F$ , электрического заряда  $q$ , напряженности электрического поля  $E$ , индукции магнитного поля  $B$  в эВ. 3) Найдите численные значения 1 см, 1 с и 1 Кл в эВ. 4) В кольцо ЛНС инжеструется 2 протонных пучка, которые движутся в противоположных направлениях. Каждый пучок содержит 2800 групп по 10<sup>11</sup> протонов в каждой. Считая, что протоны движутся со скоростью 0.99999991 скорости света, определите энергию всего пучка в Дж. 5) Найдите скорость поезда массой 400 тонн, кинетическая энергия которого равна энергии пучка.

Масса протона 1.67·10<sup>-27</sup> кг, закон Кулона в естественной системе имеет вид  $F = q_1 q_2 / r^2$ .

2. В схеме, состоящей из двух сопротивлений, трех идеальных катушек индуктивности и неидеального источника тока, внезапно перегорает перемычка АВ (рис. 1). Чему будет равно напряжение на источнике сразу после этого? ЭДС источника равна  $E=12$  В, индуктивность третьей катушки в три раза больше индуктивности второй катушки,  $L_3=3L_2$ .

3. Источником солнечной энергии является преобразование водорода в гелий. Можно считать, что в недрах Солнца из четырех атомов водорода образуется один атом гелия и два нейтрино, вылетающие почти со световой скоростью. При этом выделяется значительное количество энергии, 2% которой уносят нейтрино. Нейтрино – очень легкие частицы с чрезвычайной большой проникающей способностью. Огромные толщи вещества для них практически прозрачны. Оцените количество солнечных нейтрино, которые пронизывают объем тела участника олимпиады массой 50 кг. Представьте теперь, что такой же ученик пролетает на космическом корабле мимо Земли в направлении ее движения со скоростью  $v=0,8c$ . Оцените количество солнечных нейтрино, которые будут пронизывать космического путешественника в течение  $t=5$  часов полета. Ответ представьте как с точки зрения земного наблюдателя, так и пилота космического корабля. Скорость света в вакууме  $c=300\,000$  км/с, массы водорода и гелия равны 1,0078 а.е.м. и 4,0026 а.е.м., где 1 а.е.м.=1,6605·10<sup>-27</sup> кг. Известно, что вблизи земной орбиты через перпендикулярный солнечным лучам квадратный метр поверхности ежесекундно проходит 1370 Дж энергии солнечного излучения. Расстояние от Земли до Солнца  $r_0=1,5 \cdot 10^{11}$  м.

4. Для создания искусственной гравитации космическая станция спроектирована в виде цилиндра радиусом  $R$ . Ее привели во вращение вокруг оси цилиндра с такой угловой скоростью, чтобы на внутренней поверхности цилиндра, как и на Земле, ощущалось ускорение свободного падения  $g$ . Проанализируйте зависимость периода плоских малых колебаний математического маятника длиной  $l$  от его расположения внутри станции.

5. Из области, где магнитное поле отсутствует, цилиндрический электронный пучок попадает в область, где магнитное поле составляет  $B=3 \cdot 10^{-2}$  Тл и параллельно осі пучка. Определите характер движения пучка электронов в области, где имеется магнитное поле. Оцените количественные характеристики этого движения.

Задачи предложили С.И.Вильчинский (1), Е.П.Соколов (2), О.Ю.Орлянский (3-4), И.А.Анисимов (5).