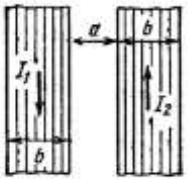
Олимпиада по физике СПбПУ, 2022 г.

1. Ваня на гироскутере заехал на длинную пологую горку высотой H = 10 м. Аккумулятор скутера сел, мотор перестал работать, но колеса были не заблокированы. Ваня покатился вниз. Какую скорость он разовьет к концу спуска? Общая масса Вани и скутера M = 40 кг. Масса каждого колеса m = 1 кг. Колесо представляет собой однородный диск массой 2/3 m и радиусом r и нанизанный на диск сплошной резиновый обод массой 1/3 m с внешним радиусом 3/2 r. Проскальзывания при качении нет, силами сопротивления пренебречь.

2. Песочные часы высотой ℓ = 22 см содержат внутри себя m = 50 г песка и рассчитаны на то, чтобы отмерять интервал времени T = 5 минут. Часы поставили на точные весы и обнулили показания весов. Затем часы перевернули. Как будут меняться показания весов в процессе пересыпания песка? Считать, что падающий песок всегда преодолевает одинаковое расстояние от центра часов до их нижней части. Ускорение свободного падения считать равным 9,8 м^2/с.

3. Жилой дом обогревается двухблочным кондиционером (сплит - система), работающим в режиме теплового насоса* и потребляющего P = 1,5 кВт электроэнергии. Его эффективность в n = 5 раз меньше, чем у идеальной тепловой машины, работающей по обратному циклу Карно в тех же условиях. Из-за теплопроводности стен и окон тепло уходит из дома со скоростью, пропорциональной разнице температур в доме и на улице, с коэффициентом пропорциональности α = 400 Вт/К. Чему равна температура на улице, если температура в помещении +27°С?
**Тепловой насос - машина, забирающая тепло при низкой температуре (у «холодильника») и отдающая его при высокой температуре («нагревателю») за счет совершения внешними силами работы. Эффективность теплового насоса в режиме обогревателя рассчитывается как отношение полученного «нагревателем» тепла к совершенной внешними силами работе, в данном случае - к затраченной электроэнергии.*



4. По двум длинным тонким параллельным ленточным проводникам, лежащим в одной плоскости, текут постоянные токи I_1 и I_2 в противоположных направлениях. Расстояние между проводниками a, ширина проводников b. Найти силу магнитного взаимодействия между проводниками в расчете на единицу их длины.

5. Проволочное кольцо радиуса r, обладающее электрическим сопротивлением R, находится в однородном магнитном поле. Линии индукции перпендикулярны плоскости кольца, а модуль изменяется по гармоническому закону $B = B_0 \cos(\omega t)$. Индуктивность кольца пренебрежимо мала. Определить максимальное значение силы натяжения кольца.

6. Каждую электронную орбиту в атоме водорода можно рассматривать с точки зрения движения заряженной частицы в некотором магнитном поле, таком, что радиус n-ой орбиты и скорость электрона на этой орбите соответствуют движению электрона в кулоновском поле ядра. Исходя из такой модели и используя бо̀ровское правило квантования орбит, определить величину кванта магнитного потока.