به نام خدا

امتحان پایان ترم فیزیک 1 – دانشگاه صنعتی شریف – نیمسال اول 90-89

– زمان پاسخ گویی به سوالات 3 ساعت

– استفاده از ماشین حساب مجاز نمی باشد.

---

۱. می خواهیم فشار مرکز سیاره ای مثل مشتری را بیابیم. فرض می کنیم که این سیاره از شاره ای با چگالی یکنواخت ρ تشکیل شده باشد. شعاع سیاره را R می نامیم.

ا) شتاب جاذبه را در نقطه ای در داخل این سیاره که با مرکز سیاره فاصله ی r دارد را بیابید و آن را $g(r)$ بنامید.

ب) می توان نشان داد که تفاوت فشار در دو نقطه از این کره که در مختصات r و $r+dr$ هستند از رابطه ی $dP = P(r+dr) - P(r) = -\rho g(r) dr$ داده می شود. فشار سطح سیاره را صفر بگیرید و فشار مرکز آن را به دست آورید.

---

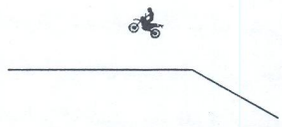
۲. دو سورتمه که جرم هر یک 12kg است، در فاصله‌ای ناچیز از هم روی سطح یخ، که بدون اصطکاک فرض می‌شود، قرار دارند. گربه‌ای به جرم 4.0kg وسط یکی از این سورتمه‌ها ایستاده و از روی آن به روی دیگری می‌پرد و بلافاصله به سورتمه‌ی اول برمی‌گردد. جهش گربه به شکلی است که سرعت افقی‌ای برابر با 4.0m/s نسبت به سورتمه‌ای که روی آن ایستاده به خود می‌گیرد و سرعت در راستای عمودی‌آن هم 3.0m/s است.

ا) سرعت نهایی سورتمه‌ها چه‌قدر است؟

ب) طول سورتمه‌ها در چه محدوده‌ای باشد تا این گربه بتواند این کار را انجام دهد.

---

۳. یک موتور سوار آماده پرش با یک موتور از یک سطح شیب دار با زاویه θ است. سرعت موتور قبل از جدا شدن از سطح شیب دار و انجام پرش برابر v بوده است. هیچ لغزشی بین چرخ های موتور و کف سطح شیب دار وجود نداشته است. وقتی موتور سوار به ارتفاع اوج پرش خود می رسد ناگهان ترمز می کند (ترمز گرفتن باعث متوقف شدن ناگهانی هر دو چرخ می شود.). زمانیکه "موتور و موتور سوار" به سطح افق متناظر با نقطه ی پرش خود بر می گردند، "موتور و موتور سوار" چند دور در هوا چرخیده اند؟



لختی دورانی کل شامل "موتور و موتور سوار" حول مکان مرکزجرمشان را I و لختی دورانی هر چرخ حول محورش را I_0 درنظر بگیرید. برای سادگی فرض کنید که وضعیت هر دو چرخ در تمام مراحل مشابه است. شعاع چرخ ها R است. در ضمن برای محاسبه زمان برخورد موتور سوار با سطح افق از ابعاد "موتور و موتور سوار" صرف نظر کنید. با فرض اینکه $v = 15\text{m/s}$، $\sin\theta = 0.6$، $I = 3.0\times10^2\text{kgm}^2$، $I_0 = 2.5\text{kgm}^2$ و $R = 0.5\text{m}$ باشند، "موتور و موتور سوار" چند دور کامل چرخیده اند؟

(ادامه در صفحه بعد)

٤. توپی توپر و کروی از جنس لاستیک به جرم m و شعاع r در اختیار داریم. این توپ خاصیت کشسانی دارد و رفتاری شبیه به فنر دارد. یعنی اگر فشرده شود، متناسب با میزان فشرده شدن به آن نیرو وارد می‌شود. ثابت فنر معادل این توپ را k بنامید. یعنی اگر به اندازه‌ی F به آن نیرو وارد شود به اندازه‌ی $x = F/k$ فشرده می شود.

ا) مدول کشسانی لاستیک تقریبا $3\times10^{8}\,\mathrm{N/m^2}$ است. اگر شعاع توپ تقریبا یک سانتیمتر باشد، تخمینی برای ثابت فنر معادل این توپ ارایه کنید. می توانید این توپ را معادل مکعبی بگیرید که همین ابعاد را دارد. فقط مرتبه بزرگی جواب را گزارش کنید.

ب) جرم چنین توپی را هم تخمین بزنید. اگر این جرم به فنر معادلی که در بخش قبل حساب کرده اید متصل شود، دوره ی تناوب این سیستم چه قدر می شود؟ این کمیت می تواند تخمین مناسبی از زمان برخورد باشد.

پ) می‌خواهیم توپ را از ارتفاع h رها کنیم تا به زمین برخورد کند. میزان تغییر تکانه‌ای که نیروی وزن در طی زمان برخورد به توپ اعمال می‌کند را به دست آورید و نشان دهید که این تغییر تکانه بسیار کوچک‌تر از تغییر تکانه‌ی مربوط به نیروی کف زمین است. بنابراین در طی برخورد می‌توان از نیروی وزن چشم‌پوشی کرد. (برخرد تقریبا کشسان است)

ت) توپ را حول یکی از قطرهایش که موازی با زمین است با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخانیم و آن را از همان ارتفاع $h = 2\mathrm{m}$ رها می‌کنیم. ضریب اصطکاک بین توپ و زمین را $\mu = 0.5$ بگیرید. پس از برخورد سرعت افقی جسم چه‌قدر خواهد بود؟ فرض کنید سرعت زاویه‌ای آن قدر بزرگ است که توپ فرصت این را پیدا نمی‌کند که به حالت غلتش کامل در آید.

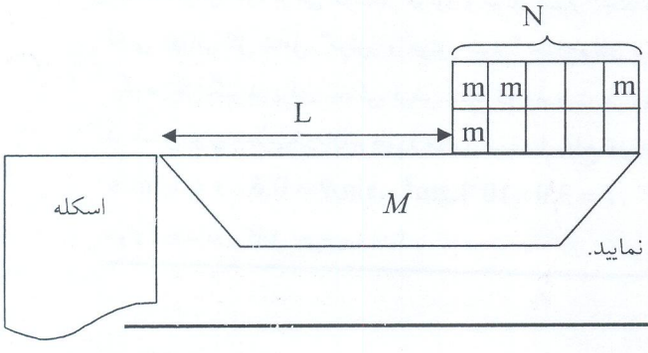
---

۵. مطابق شکل نوک یک کشتی به جرم M به اسکله متصل شده است. کشتی خراب است و امکان حرکت آن توسط موتور کشتی وجود ندارد. در ضمن آب دریا کاملا آرام و بدون موج است. قرار است که برای تخلیه N بسته هر کدام به جرم m از داخل کشتی (توسط کارگران داخل کشتی) ابتدا بسته ها به ابتدای کشتی منتقل و سپس به خارج از کشتی حمل شوند. اما فراموش شده است که نوک کشتی با طناب به اسکله محکم شود. وقتی که بسته ها توسط کارگران به ابتدای کشتی منتقل می شوند (چیدمان بسته ها در این جابجایی تغییر نکرده است) ، متوجه می شوند که نوک کشتی از اسکله فاصله گرفته است.

الف) نوک کشتی چه قدراز اسکله فاصله گرفته است؟

در نوک کشتی پلی به طول d وجود دارد که می تواند بخشی از این فاصله (نه همه ی آن را) را جبران کند.

ب) حداقل چه تعداد بسته می بایست به مکان اولیه خود برگشت داده شوند تا اتصال مجدد کشتی با اسکله، ولی این بار با کمک پل، انجام شود؟



با فرض اینکه $d/L\sim0.05$ و $N\sim100$ و

ج) جرم کل کشتی نسبت به کل جرم بسته ها ناچیزباشد،

د) جرم کل کشتی حدودا پانزده برابر کل جرم بسته ها باشد،

کمیت های محاسبه شده در قسمت های (الف) و (ب) را برآورد نمایید.

از اصطکاک بین کشتی و آب صرفنظر کنید.

موفق باشید