na rozdiel od telies pružných — táto deformácia je trvalá a nezmenšuje sa, keď vonkajšie sily miznú. Z toho vyplýva, že prvé obdobie zrážky nepružných gúľ prebieha rovnako ako pri zrážke gúľ pružných. Na konci tohto obdobia sa obidve gule pohybujú rovnakou rýchlosťou danou vzorcom (1) a deformácia aj nárazové sily sú v tomto okamihu najväčšie.

Pôsobením týchto nárazových síl by malo nastať druhé obdobie zrážky, v ktorom by sa stredy gúľ od seba opäť vzďaľovali. Ale pretože deformácia nepružných gúľ ostáva nezmenená, nárazové sily po dosiahnutí svojej najväčšej hodnoty klesnú okamžite na nulu a obidve gule sa pohybujú ďalej rovnakou rýchlosťou

$$\mathbf{v} = \frac{m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2}{m_1 + m_2}$$

ako keby tvorili jedno teleso.

Trvalá deformácia nepružných gúľ pri ich zrážke má za následok pokles ich celkovej pohybovej energie o hodnotu

$$-\Delta K = \frac{1}{2}\, m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}\, m_2 v_2^2 - \frac{1}{2}\,(m_1 + m_2)\, v^2 = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} \qquad 4)$$

5.10. Balistické kyvadlo. Balistickým kyvadlom sa merajú rýchlosti striel. Je to fyzikálne kyvadlo, ktorého dolná časť je z mäkkého a nepružného materiálu. Strela s hmotnosťou m vystrelená vo vodorovnom smere proti balistickému kyvadlu uviazne v mäkkej časti kyvadla a odovzdá mu časť svojej hybnosti. Tým sa kyvadlo vychýli o istý uhol φ, ktorý je tým väčší, čím väčšia bola rýchlosť strely zachytenej kyvadlom. Odvodíme príslušné vzťahy.

Strela nech má hmotnosť m, rýchlosť v a kolmá vzdialenosť priamky tejto rýchlosti od osi kyvadla nech je r. Pri zrážke strely s kyvadlom jedinou vonkajšou silou účinkujúcou na sústavu kyvadlo—strela je reakcia osi kyvadla. Pre túto príčinu pri náraze strely na kyvadlo celkový moment hybnosti tejto sústavy vzhľadom na os kyvadla ostáva nezmenený, čiže je:

$$mrv = (J_0 + mr'^2)\,\omega$$

kde J_0 je moment zotrvačnosti kyvadla, r' vzdialenosť zachytenej strely od jeho osi a ω uhlová rýchlosť kyvadla po náraze. Predpokladajme, že $r' = r$. V tom prípade

$$\omega = \frac{mrv}{J_0 + mr^2}$$

Hľadanú maximálnu uhlovú výchylku kyvadla po zachytení strely vypočitame pomocou zákona o zachovaní energie. Kinetická energia kyvadla so zachytenou strelou je:

$$\frac{1}{2}(J_0 + mr^2)\,\omega^2$$

a rovná sa práci potrebnej na vychýlenie kyvadla o uhol φ. Ak je hmotnosť kyvadla M a vzdialenosť jeho ťažiska od osi a, táto práca je $Mga(1 - \cos\varphi) + mgr(1 - \cos\varphi)$. Platí preto rovnica

$$\frac{1}{2}(J_0 + mr^2)\,\omega^2 = (Ma + mr)\,g(1 - \cos\varphi)$$

alebo, ak použijeme vzťah $1 - \cos\varphi = 2\sin^2\frac{\varphi}{2}$, rovnica

$$\frac{1}{2}(J_0 + mr^2)\,\omega^2 = 2(Ma + mr)\,g\sin^2\frac{\varphi}{2}$$

takže

$$\omega = 2\sin\frac{\varphi}{2}\sqrt{\frac{(Ma + mr)\,g}{J_0 + mr^2}}$$

a

$$v = \frac{J_0 + mr^2}{mr}\,\omega = \frac{2(J_0 + mr^2)}{mr}\sin\frac{\varphi}{2}\sqrt{\frac{(Ma + mr)\,g}{J_0 + mr^2}} =$$

$$= \frac{2\sin\frac{\varphi}{2}}{mr}\sqrt{(J_0 + mr^2)(Ma + mr)\,g} \tag{1}$$

Os balistického kyvadla vo všeobecnosti pociťuje nárazy striel a reaguje na ne silami potrebnej veľkosti. Vypočítame, aká má byť vzdialenosť dopadu striel r od osi kyvadla, ak os má byť ušetrená od účinku nárazových síl.

Podľa prvej vety impulzovej, ak N je nárazová sila a Δt čas trvania jej účinku, je správna rovnica

$$N\Delta t + R\Delta t = Ma\omega$$

kde R je reakcia osi kyvadla. Podľa druhej vety impulzovej je splnená aj rovnica

$$rN\Delta t = J_0\omega$$

Ak chceme, aby sa reakcia R rovnala nule, musia byť súčasne splnené rovnice

$$rN\Delta t = J_0\omega$$

a

$$N\Delta t = Ma\omega$$

z ktorých vyplýva, že musí byť

$$r = \frac{J_0}{Ma} = l$$

kde $l = \dfrac{J_0}{Ma}$ je redukovaná dĺžka balistického kyvadla.