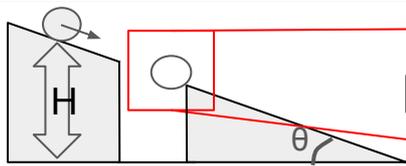


球が段差を乗り越える条件

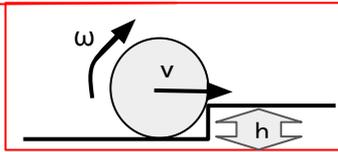
【おむすびころりん実験の予備研究】

大阪府立天王寺高等学校

0, おむすびころりんとは



簡略化

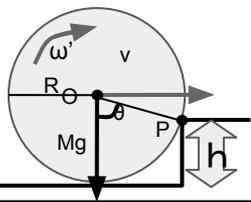


段差を乗り越える条件から求める

1, 研究目的

おむすびころりん実験の予備実験として球が段差を乗り越える条件を明らかにすることを本研究の目的とする

2, 理論



M: 球の質量
g: 重力加速度(9.8m/s²)
R: 球の半径
h: 段差の高さ
e: 球の反発係数
θ: 重力とOPのなす角
v: 衝突直前の球の重心の速さ
I: 球の重心まわりの慣性モーメント
I': 球の点Pまわりの慣性モーメント
ω: 球の点Pまわりの角速度

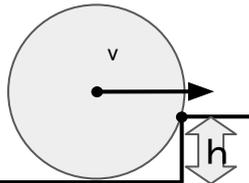
球が段差を乗り越える条件

球と段差の摩擦が十分なとき
 $I' = I + MR^2 = (7/5)MR^2$
 但し $I = (2/5)MR^2$
 ぶつかった後の、点 P まわりの角速度を ω' としたとき
 段差の角の点 P まわりの角運動量保存より
 $I\omega + RMv\sin\theta = I'\omega'$ よって、 $\omega' = (7Rv - 5vh)/(7R^2)$
 (衝突直後の回転運動エネルギー) \geq (乗り越えた後の位置エネルギー)
 $I'\omega'^2/2 = M(7R - 5h)^2v^2/70 \geq Mgh$
 よって v に対する条件は
 $v \geq \frac{R\sqrt{70gh}}{7R - 5h} \quad \text{---①}$
 右記のように整理できる。

3, 実験方法 & 実験結果

実験方法

ビー玉を用いて実験を行った。高さの段差を乗り越えたときのビー球の衝突直前の速さ(v)を調べる。



実験結果

段差の高さ(m): 5.6×10^{-3}
 球の半径(m): 1.25×10^{-2}
 反発係数 e: 0.71

・段差と非弾性衝突後、跳ね上がる場合が223回中217回と多かった

速度(m/s)	乗り越えた回数	乗り越えなかった回数	計	率
0.65	5	15	20	0.25
0.66	10	13	23	0.43
0.67	8	14	22	0.36
0.68	20	9	29	0.69
0.69	15	6	21	0.71
0.7	11	11	22	0.50
0.71	11	7	18	0.61
0.72	16	3	19	0.84
0.73	15	2	17	0.88
0.74	17	1	18	0.94
0.75	14	0	14	1.00

5, 分析 & 考察

理論値と実験値との差異

・理論値

実験のときの条件を【2.理論>式 ①】を代入して
 $v \geq 4.1 \times 10^{-1}$
 つまり速さを大きくしていくと $v = 4.1 \times 10^{-1}$ のとき初めて段差を越すことになる。

・実験値

実験の結果から $v = 6.8 \times 10^{-1}$ の辺りで段差を越える率が高くなる。理論値と実験値との間には差異が認められた。

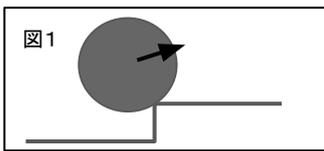
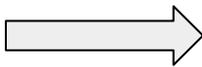
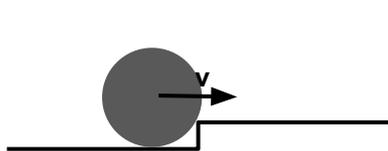
差異の原因の考察

・摩擦

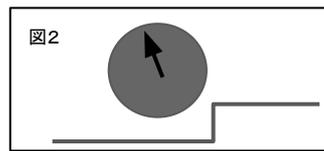
摩擦力が十分でなく球が衝突点で空回りし、球の回転運動エネルギーが一部しか位置エネルギーに使われなかった可能性がある。

・球の跳ね上がり

球が段差と非弾性衝突し、段差から受けた撃力によって球の跳ね上がりが生じて段差と接さなくなったことが多かった(図2)。球と段差の間に摩擦力が働かなくなったことにより、球の回転運動エネルギーの一部しか位置エネルギーに使われなかったことが考えられる。



or



7, まとめ

理論計算で十分な摩擦力が球に働いたときの段差を乗り越える条件を求めた。しかし、この理論値と実験値との間に大きな差異が認められた。差異の原因として段差との非弾性衝突、摩擦力がエネルギー保存に影響を与えたと考えられる。

8, 展望

1. 球に働く摩擦力が段差を登るのに要する速さに与える影響
2. 段差との非弾性衝突による跳ね上がりがある時の速さの条件
3. 1, 2を調べるための実験方法の確立

9, 参考文献

「自由落下衝撃の運動量と力積」
<https://foundry.jp/bukai/wp-content/uploads/2012/07/5f8028addcf241154da042c4e03b00c4.pdf>