يتكون البرد في الأجواء العليا على ارتفاع من سطح الأرض يتراوح بين 1000m و 10000m ،حيث يسود جو بارد تصل درجةحرارته إلى أقل من 40درجة مئوية تحت الصفر .تسقط حبة من البرد عندما لا تبقى مرتبطة بالغيمة ، وقد تصل سرعتها عند وصولها إلى سطح الأرض إلى ما يقارب: 160 Km/h.

ندرس حركة حبة من البرد كتلتها m=13 g أثناء سقوطها من نقطة O على ارتفاع h=1500m بدون سرعة بدئية . يمكن اعتبار حبة البرد كرية قطرها : d=3 ,0cm.

نأخذ النقطة O أصلا لمحورOZ موجه نحو الأسفل .ونعتبر شدة الثقالة ثابتة وقيمتها : $g_o = 9,80\ m.s^{-2}$.

نعطي : حجم كرة $V = \frac{4}{3}\pi \times r^3$ ، الكتلة الحجمية للهواء $\rho = 1,3\ kg.m^{-3}$.

1- السقوط الحر

نقبل أن حبة البرد في سقوط حر .

1-1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، حدد المعادلات الزمنية التي تعطي سرعة وموضع مركز القصورG لحبة البرد أثناء سقوطها .

2-1 احسب قيمة السرعة التي تصل بها حبة البرد إلى سطح الأرض ، هل تتوافق هذه القيمة مع تلك الواردة في المعطيات ، علل النتيجة .

2-السقوط الحقيقي

في الحقيقة ، تخضع حبة البرد إلى قوتين أخرتين : دافعة أرخميدس $\vec{F}_A$ وقوة الإحتكاك المائع $\vec{F}$ التي تتناسب شدتها اطرادا مع مربع السرعة حيث $F = K \times v^2$.

1-2 باستعمال التحليل البعدي ، حدد وحدة المعامل K في النظام العالمي للوحدات .

2-2 أعط تعبير دافعة أرخميدس واحسب قيمتها ، قارنها مع شدة وزن حبة البرد ثم استنتج .

3-2 نهمل دافعة أرخميدس ،

أ) أوجد المعادلة التفاضلية للحركة ، بين أنه يمكن كتابتها على الشكل : $\frac{dv}{dt} = A - B.v^2$

ب) نريد حل هذه المعادلة بطريقة رقمية: طريقة أولير(EULER) . يعطي الجدول أسفله جزء من ورقة حساب السرعات (v) والتسارع (a) ، بدلالة الزمن، الموافقة للقيمتين : $A = 9,80\ m.s^{-2}$ و $B = 1,56 \times 10^{-2}\ m^{-1}$ ، خطوة الحساب $\Delta t = 0,5\ s$.

حدد a_4 و v_5 موضحا طريقة الحساب .

t (s)	v(m.s^{-1})	a (m.s^{-2})
0,00	0,00	9,80
0,50	4,90	9,43
1,00	9,61	8,36
1,50	13,8	6,83
2,00	17,2	a_4
2,50	v_5	3,69
3,00	21,6	2,49

ج) عبر عن القيمة الحدية لسرعة حبة البرد بدلالة A و B ، ثم احسب قيمتها .

د) يعطي المنحنى في الشكل أسفله ، تطور السرعة بدلالة الزمن ، أ وجد مبيانيا قيمة السرعة الحدية التي تم حسابها في السؤال السابق .