
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2013/2014 Academic Session

December 2013/January 2014

ESA 366/3 – Flight Performance
[Prestasi Penerbangan]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this paper contains **SEVEN (7)** printed pages and **TWO (2)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat bercetak dan **DUA (2)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Instructions : Answer **ALL** of the questions.

Arahan : Jawab **SEMUA** soalan.

Answer all questions in English only.

Jawab kesemua soalan di dalam Bahasa Inggeris sahaja.

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.

Answer **ALL** of the questions.

Jawab **SEMUA** soalan.

1. A propeller aircraft Cessna 172 Skyhawk (see **Figure 1[a]**) is performing a level turn with a forward velocity (V_∞) of 220 km/h (equals to 61.11 m/s) and a banking angle ϕ of 40° as shown in **Figure 1b**. It has a mass of 1111 kg, a wing span of 11 m, a wing area of 16.2 m^2 , a K of 0.07, and a $C_{D,0}$ of 0.029. Assume a sea-level density of 1.225 kg/m^3 .

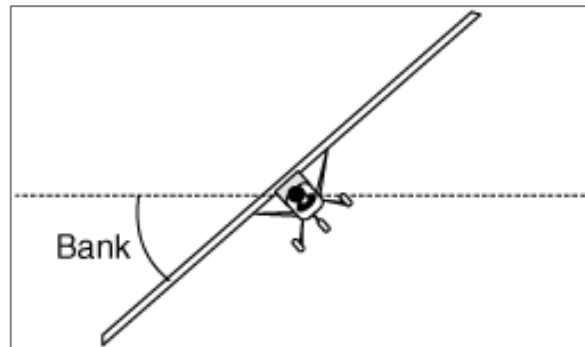
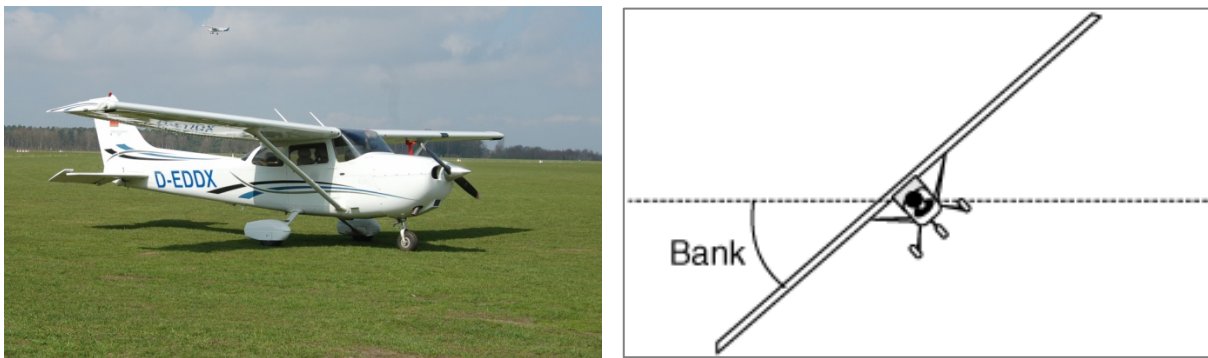


Figure 1[a]: A real-scale of Cessna 172 Skyhawk. Figure 1[b]: The front view of an aircraft banking.

- [a] At the position in **Figure 1[b]**, the pilot suddenly changes the aircraft's angle of attack (but not its forward velocity and its original thrust to maintain a level turn) such that the lift produced by the aircraft is modified so that it is equal to its weight. Assess one possible flight scenario that the aircraft is experiencing and calculate its accelerations in the vertical and horizontal directions. Hint: Formulate the equations of motion of the aircraft in the vertical, horizontal, and radial directions to assist you in understanding the flight motion. **(20 marks)**
- [b] If the flight condition in Question 1[a] is not conducive for a level turn, suggest 2 techniques to achieve a level turn. Calculate the load factor, the turning radius, and the turning rate for both of these cases. **(20 marks)**

Sebuah pesawat berbilah Cessna 172 Skyhawk (**lihat Gambarajah 1[a]**) sedang melakukan penerbangan pusingan mendatar dengan halaju ke hadapan (V_∞) 220 km/h (bersamaan 61.11 m/s) dan sudut serong ϕ of 40° seperti di dalam Gambarajah 1[b]. Ia mempunyai jisim 1111 kg, rentangan sayap 11 m, luas sayap 16.2 m^2 , K bernilai 0.07, dan $C_{D,0}$ sebanyak 0.029. Anggap ketumpatan udara pada paras laut bernilai 1.225 kg/m^3 .



Gambarajah 1[a]: Skala sebenar Cessna 172 Skyhawk. **Gambarajah 1[b]:** Pandangan hadapan pesawat ketika menyerong.

[a] Pada kedudukan seperti dalam **Gambarajah 1[b]**, juruterbang tiba-tiba mengubah sudut serang pesawat (tapi bukan halaju hadapan dan daya tujuhan yang asal untuk mengekalkan penerbangan pusingan mendatar) yang membuatkan daya angkat pesawat berubah supaya ia bersamaan dengan beratnya. Nilai satu senario penerbangan yang mungkin dialami oleh pesawat tersebut dan kira pecutan menegak dan mendatarnya. Petunjuk: Formulasikan persamaan pergerakan pesawat di dalam arah menegak, mendatar, dan “radial” untuk membantu anda memahami penerbangan tersebut.

(20 markah)

[b] Jika situasi di dalam Soalan 1[a] tidak kondusif untuk penerbangan pusingan mendatar, cadangkan 2 teknik untuk mencapai penerbangan pusingan mendatar. Kirakan faktor beban, jejari pusingan, dan kadar pusingan untuk kedua-dua kes ini.

(20 markah)

2. A flying squirrel (see **Figures 2[a] and 2[b]**) glides as a way to efficiently travel between trees to minimize its energy usage and also to avoid predators. The flight performance of the squirrel have been studied by Asari, Yanagawa, and Oshida (in 2007) and by Bahlman, Swartz, Riskin, and Breuer (in 2013). Answer the following questions related to the gliding of flying squirrels:



Figures 2[a] and 2[b]: Pictures of flying squirrels.

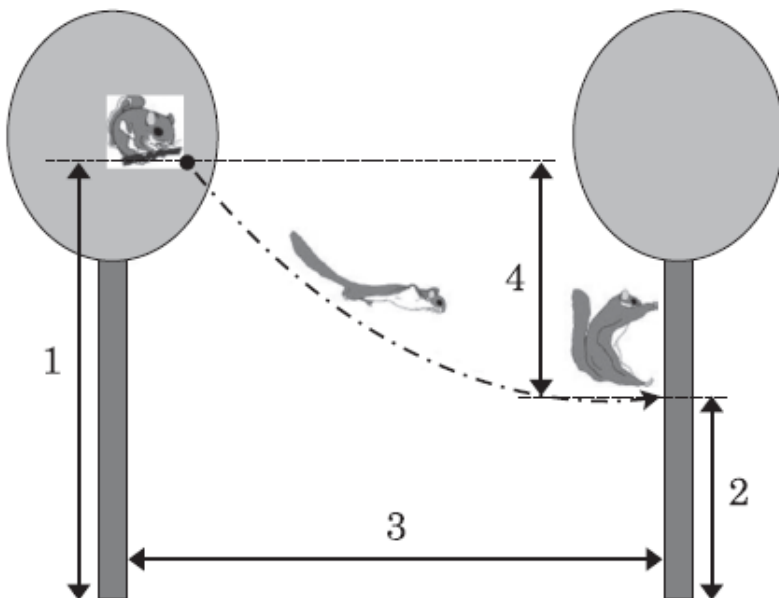


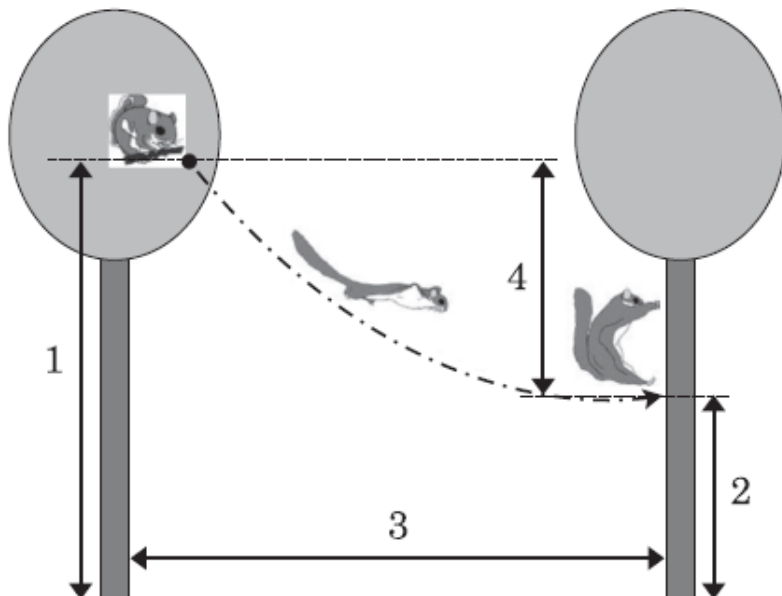
Figure 2[c]: Gliding path of the flying squirrel.

- [a] Based on the findings from these studies, the gliding flight pattern of the squirrel can be approximated as a curved line as shown in **Figure 2[c]**. With careful reference to the figure, draw general Free Body Diagrams (FBDs) at 3 different points, i.e., at the beginning (leaping off from the tree), center, and end (landing the other tree) of the flight. Draw your FBDs using the standard vertical (y) and horizontal (x) axes as your reference axes. At each point and using the FBDs, qualitatively analyze and discuss with considerable details the squirrel's gliding conditions and aerodynamic performances. **(20 marks)**
- [b] In these studies, the maximum glide ratio (i.e., horizontal distance divided by the vertical distance) of the squirrel was found to be 3.31. If the squirrel's gliding speed at this optimum flight condition is 5.9 m/s, estimate the values of the flight's glide angle and the squirrel's C_L , C_D , $C_{D,0}$ and K . The squirrel's mass in this case is 93 g and its "wing" surface area is 154 cm². Please state your simplifying assumptions to calculate these estimates. **(20 marks)**
- [c] For the ideal condition assumed in Question [b], what is its sinking velocity? Evaluate whether this is the minimum sinking velocity that the squirrel can glide at? Prove your answer to this question by deriving the formula and condition for the minimum sinking velocity for a gliding flight. If the condition in Question [b] does not give the minimum sinking velocity, differentiate between the two conditions and calculate the actual minimum sinking velocity value. Hint: think about the "Rate of Descent versus Glide Velocity" diagram to assist you in answering this question. **(20 marks)**

Seekor tupai terbang (lihat **Gambarajah 2[a]** dan **2[b]**) meluncur sebagai satu cara bergerak yang efektif untuk mengurangkan penggunaan tenaga dan juga untuk mengelak musuh. Prestasi penerbangannya telah dikaji oleh Asari, Yanagawa, dan Oshida (2007) dan Bahlman, Swartz, Riskin, dan Breuer (2013). Jawab soalan-soalan berikut berdasarkan peluncuran tupai terbang:



Gambarajah 2[a] & 2[b]: Gambar-gambar tupai terbang.



Gambarajah 2[c]: Laluan luncur tupai terbang.

- [a] Berdasarkan kajian-kajian di atas, corak peluncuran tupai tersebut boleh di anggarkan sebagai garisan lengkung seperti dalam **Gambarajah 2[c]**. Dengan rujukan yang terperinci terhadap gambarah tersebut, lakarkan Diagram Badan Bebas (DBB) umum di 3 titik, i.e., di permulaan (lompatan dari pokok), tengah, dan akhir (pendaratan di pokok yang satu lagi) penerbangan tersebut. Lakarkan DBB menggunakan paksi-paksi menegak (y) dan mendatar (x) yang piawai sebagai paksi-paksi rujukan. Pada setiap titik dan dengan menggunakan DBB tersebut, analisa secara kualitatif dan bincangkan dengan terperinci keadaan peluncuran dan prestasi aerodinamik tupai itu. (20 markah)
- [b] Di dalam kajian-kajian ini, nisbah luncur maksima (i.e., jarak mendatar dibahagi dengan jarak menegak) tupai itu ialah 3.31. Sekiranya halaju luncur tupai pada penerbangan optima ini ialah 5.9 m/s, anggarkan nilai sudut luncur penerbangan itu dan C_L , C_D , $C_{D,0}$ and K bagi tupai itu. Jisim tupai ialah 93 g dan luas “sayapnya” ialah 154 cm^2 . Sila nyatakan anggapan-anggapan anda untuk mengira nilai-nilai ini. (20 markah)
- [c] Untuk keadaan ideal dalam anggapan dalam Soalan 2[b], berapakah halaju tenggelam tupai itu? Pertimbangkan jika ini adalah halaju tenggelam minima untuk tupai itu meluncur? Buktikan jawapan anda dengan menerbitkan formula dan keadaan bagi halaju tenggelam minima untuk penerbangan luncur. Jika keadaan dalam Soalan [b] bukanlah nilai halaju tenggelam minima, bezakan di antara dua keadaan tersebut dan kira nilai sebenar halaju tenggelam minima. Petunjuk: fikirkan tentang diagram “Kadar Menurun lawan Halaju Luncur” untuk membantu anda menjawab soalan ini. (20 markah)

00000000