中六生物练习卷（第二份）：孟德尔遗传与卡方检定、Hardy – Weinberg 平衡、DNA 与蛋白质合成、酵素动力学、免疫与疫苗、生态系能量流动

中六　生物　|　时限：75 分钟　|　总分：100 分　|　共 24 题

甲部　孟德尔遗传与卡方检定（18 分）

假设各基因独立分配、无连锁、无致死基因，概率以最简分数或三位有效数字表示。

1. Aa × Aa 自交，共得 800 株后代。求 (a) 显性性状、(b) 隐性性状的预期数目。（6 分）
答案：分离比 3:1。(a) 显性 = 800 × 3/4 = 600 株；(b) 隐性 = 800 × 1/4 = 200 株。

2. 测交 Aa × aa 得 400 株后代，求两种表现型的预期数目。（4 分）
答案：测交分离比 1:1，各 = 400 ÷ 2 = 200 株（显性 200 株、隐性 200 株）。

3. 双基因杂交 AaBb × AaBb 得 1600 株后代，按 9:3:3:1 求四类表现型的预期数目。（4 分）
答案：1600 × 9/16 = 900；1600 × 3/16 = 300；1600 × 3/16 = 300；1600 × 1/16 = 100 株。

4. 若实际观察数目为 890、310、290、110，用 $\chi^2 = \Sigma(O-E)^2/E$ 求卡方值（三位有效数字），并判断是否符合 9:3:3:1（$\alpha = 0.05$ 的临界值为 7.815）。（4 分）
答案：$\chi^2 = 100/900 + 100/300 + 100/300 + 100/100 = 1.778$；$1.778 < 7.815$，故不能拒绝虚无假设，观察结果符合 9:3:3:1。

乙部　Hardy – Weinberg 平衡（18 分）

群体处于 Hardy – Weinberg 平衡，q 为隐性等位基因频率，$p + q = 1$，带因者为 $2pq$。

5. 某隐性遗传病的发病率为 1/10000。求 q、p 及带因者（杂合子）频率（三位有效数字）。（6 分）
答案：$q^2 = 1/10000$，$q = 0.01$；$p = 1 - q = 0.99$；带因者 $2pq = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198$。

6. 若带因者频率为 1/25（即 0.04），解 $2q(1 - q) = 0.04$ 求 q（三位有效数字）。（4 分）
答案：$q^2 - q + 0.02 = 0$，$q = (1 - \sqrt{0.92})/2 = 0.02042$（另一根 0.98 为 p），故 $p = 0.9796$。

7. 承接上题，群体有 50,000 人，求发病者与带因者的人数（四舍五入至整数）。（4 分）
答案：发病者 = $q^2 \times 50000 = 20.84 \approx 21$ 人；带因者 = $0.04 \times 50000 = 2000$ 人。

8. 若所有发病者均不生育，一代之后 q 会增加、减少还是不变？并说明理由。（4 分）
答案：q 会减少。发病者为 qq 纯合子，全部携带两个 q 等位基因；他们被排除出繁殖群体，等于直接从基因库移除 q 等位基因，故 q 下降（p 相应上升）。

丙部　DNA、基因表达与突变（16 分）

一个密码子由 3 个碱基组成并对应一个氨基酸；终止密码子不编码氨基酸。

9. 某基因的编码区长 3000 个碱基对，末端有一个终止密码子。求 (a) mRNA 的密码子数目、(b) 蛋白质的氨基酸数目。（4 分）
答案：(a) 3000 ÷ 3 = 1000 个密码子；(b) 1000 − 1 = 999 个氨基酸（扣除终止密码子）。

10. 承上题，若氨基酸平均分子量为 110 Da，求该蛋白质的近似分子量。（4 分）
答案：999 × 110 = 109,890 Da，即约 1.10×10^5 Da。

11. 某双链 DNA 中腺嘌呤（A）占全部碱基的 30%。求鸟嘌呤（G）的百分比。（4 分）
答案：A = T = 30%，故 G + C = 100% − 60% = 40%，G = C = 20%。

12. 某双链 DNA 有 1200 个碱基对，A 占 22%。求 G 的总数目。（4 分）
答案：总碱基 = 1200 × 2 = 2400 个；G 占 (100 − 44)/2 = 28%，G 数目 = 0.28 × 2400 = 672 个。

丁部　酵素动力学（16 分）

依 Michaelis – Menten 方程 $v = V_{max}[S] / (K_m + [S])$ 计算，速率单位为 μmol min^{-1}。

13. 某酵素的 V_{max} = 120 μmol min^{-1}、K_m = 5 mM。求受质浓度 [S] = 15 mM 时的初速率。（4 分）
答案：$v = 120 \times 15 / (5 + 15) = 90$ μmol min^{-1}。

14. 求 [S] = K_m 时的速率，并说明这一点在动力学上的意义。（4 分）
答案：$v = 120 \times 5 / (5 + 5) = 60$ μmol min^{-1}，即 V_{max} 的一半；此点显示 K_m 是达到半最大速率所需的受质浓度，可反映酵素对受质的亲和力（K_m 越小亲和力越高）。

15. 求 [S] = 2 mM 时的初速率（三位有效数字）。（4 分）
答案：$v = 120 \times 2 / (5 + 2) = 34.29$ μmol min^{-1}。

16. Lineweaver – Burk 图（1/v 对 1/[S]）的斜率为 0.0417 min μmol^{-1} mM、y 截距为 0.00833 min μmol^{-1}。求 V_{max} 与 K_m。（4 分）
答案：y 截距 = $1/V_{max}$，故 $V_{max} = 1/0.00833 = 120$ μmol min^{-1}；斜率 = K_m/V_{max}，故 $K_m = 0.0417 \times 120 = 5.01$ mM。

戊部　免疫与疫苗（16 分）

群体免疫阈值 = $1 - 1/R_0$；疫苗效力 = (未接种组发病率 − 接种组发病率) ÷ 未接种组发病率 × 100%。

17. 某传染病的 R_0 = 12。求达致群体免疫所需的接种率百分比（一位小数）。（4 分）
答案：1 − 1/12 = 91.67%，即需约 91.7% 人口具免疫力。

18. 某疫苗试验中，未接种组发病率为 8%，接种组为 1%。求疫苗效力。（4 分）
答案：(8% − 1%) ÷ 8% × 100% = 87.5%。

19. 某人接种后抗体效价为 1:40，经 4 次效价倍增后，最终效价是多少？（4 分）
答案：$40 \times 2^4 = 640$，即效价 1:640。

20. 说明二次免疫反应比初次反应更快、更强烈的两项原因。（4 分）

答案：① 记忆 B 细胞数目远多于初次反应前的初始 B 细胞，能迅速被抗原活化并增殖分化；② 记忆 B 细胞已进行类别转换及亲和力成熟，可更快产生高亲和力的 IgG，加上记忆 T 辅助细胞迅速提供协助，故抗体浓度升得更快、峰值更高。

己部　生态系能量流动（16 分）

生产量单位为 kJ m⁻² yr⁻¹；生态效率指相邻两个营养级之间能量传递的百分比。

21. 某生态系的总初级生产量（GPP）为 45,000 kJ m⁻² yr⁻¹，呼吸作用消耗 20,000 kJ m⁻² yr⁻¹。求净初级生产量（NPP）。（4 分）

答案：NPP = GPP − 呼吸作用 = 45,000 − 20,000 = 25,000 kJ m⁻² yr⁻¹。

22. 若初级消费者摄取 NPP 的 10%，求初级消费者的同化能量。（4 分）

答案：25,000 × 10% = 2,500 kJ m⁻² yr⁻¹。

23. 某食物链中三级消费者的净生产量为 25 kJ m⁻² yr⁻¹，各级生态效率均为 10%。求初级消费者的净生产量。（4 分）

答案：25 ÷ 0.1 ÷ 0.1 = 2,500 kJ m⁻² yr⁻¹（与上题结果一致，可见每升一级能量约减至十分一）。

24. 说明为何食物链通常不超过 5 个营养级的两项理由。（4 分）

答案：① 能量每传一级大量流失（呼吸作用、排泄、未被摄食部分），生态效率一般只有约 10%，高营养级可用能量不足以维持可繁殖的族群；② 能量与生物量随营养级上升而递减，顶级捕食者所能获得的总能量太少，难以支持另一个更高营养级。
