

2017年全国统一高考数学试卷（理科）（新课标Ⅱ）

参考答案与试题解析

一、选择题：本题共12小题，每小题5分，共60分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. (5分) $\frac{3+i}{1+i} = (\quad)$

- A. $1+2i$ B. $1-2i$ C. $2+i$ D. $2-i$

【考点】A5：复数的运算.

【专题】11：计算题.

【分析】分子和分母同时乘以分母的共轭复数，再利用虚数单位*i*的幂运算性质，求出结果.

【解答】解： $\frac{3+i}{1+i} = \frac{(3+i)(1-i)}{(1+i)(1-i)} = \frac{4-2i}{2} = 2-i$,

故选：D.

【点评】本题考查两个复数代数形式的乘除法，虚数单位*i*的幂运算性质，两个复数相除，分子和分母同时乘以分母的共轭复数.

2. (5分) 设集合 $A = \{1, 2, 4\}$, $B = \{x | x^2 - 4x + m = 0\}$. 若 $A \cap B = \{1\}$, 则 $B = (\quad)$

- A. $\{1, -3\}$ B. $\{1, 0\}$ C. $\{1, 3\}$ D. $\{1, 5\}$

【考点】1E：交集及其运算.

【专题】34：方程思想；40：定义法；5J：集合.

【分析】由交集的定义可得 $1 \in A$ 且 $1 \in B$, 代入二次方程, 求得 m , 再解二次方程可得集合 B .

【解答】解：集合 $A = \{1, 2, 4\}$, $B = \{x | x^2 - 4x + m = 0\}$.

若 $A \cap B = \{1\}$, 则 $1 \in A$ 且 $1 \in B$,

可得 $1 - 4 + m = 0$, 解得 $m = 3$,

即有 $B = \{x | x^2 - 4x + 3 = 0\} = \{1, 3\}$.

故选：C.

【点评】 本题考查集合的运算，主要是交集的求法，同时考查二次方程的解法，运用定义法是解题的关键，属于基础题.

3. (5分) 我国古代数学名著《算法统宗》中有如下问题：“远看巍巍塔七层，红光点点倍加增，共灯三百八十一，请问尖头几盏灯？”意思是：一座7层塔共挂了381盏灯，且相邻两层中的下一层灯数是上一层灯数的2倍，则塔的顶层共有灯 ()
- A. 1盏 B. 3盏 C. 5盏 D. 9盏

【考点】 89：等比数列的前n项和.

【专题】 34：方程思想；40：定义法；54：等差数列与等比数列.

【分析】 设塔顶的 a_1 盏灯，由题意 $\{a_n\}$ 是公比为2的等比数列，利用等比数列前n项和公式列出方程，能求出结果.

【解答】 解：设塔顶的 a_1 盏灯，由题意 $\{a_n\}$ 是公比为2的等比数列，

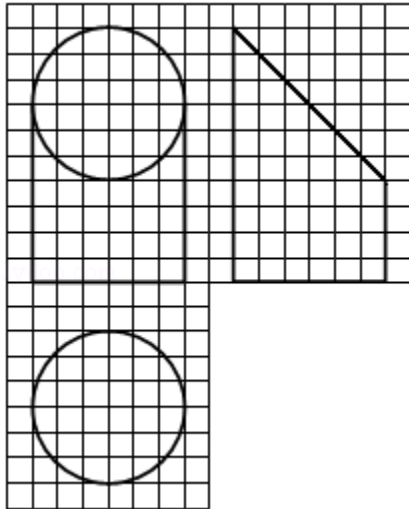
$$\therefore S_7 = \frac{a_1(1-2^7)}{1-2} = 381,$$

解得 $a_1 = 3$.

故选：B.

【点评】 本题考查等比数列的首项的求法，是基础题，解题时要认真审题，注意等比数列的性质的合理运用.

4. (5分) 如图，网格纸上小正方形的边长为1，粗实线画出的是某几何体的三视图，该几何体由一平面将一圆柱截去一部分后所得，则该几何体的体积为 ()



A. 90π

B. 63π

C. 42π

D. 36π

【考点】 L1: 由三视图求面积、体积.

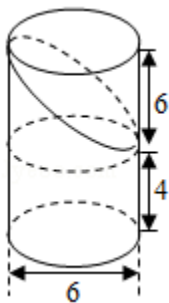
【专题】 11: 计算题; 31: 数形结合; 44: 数形结合法; 5Q: 立体几何.

【分析】 由三视图可得, 直观图为一个完整的圆柱减去一个高为6的圆柱的一半, 即可求出几何体的体积.

【解答】 解: 由三视图可得, 直观图为一个完整的圆柱减去一个高为6的圆柱的一半,

$$V = \pi \cdot 3^2 \times 10 - \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot 3^2 \times 6 = 63\pi,$$

故选: B.



【点评】 本题考查了体积计算公式, 考查了推理能力与计算能力, 属于中档题.

5. (5分) 设 x, y 满足约束条件
$$\begin{cases} 2x+3y-3 \leq 0 \\ 2x-3y+3 \geq 0 \\ y+3 \geq 0 \end{cases}$$
 则 $z=2x+y$ 的最小值是 ()

A. - 15

B. - 9

C. 1

D. 9

【考点】7C: 简单线性规划.

【专题】11: 计算题; 31: 数形结合; 35: 转化思想; 5T: 不等式.

【分析】画出约束条件的可行域, 利用目标函数的最优解求解目标函数的最小值即可.

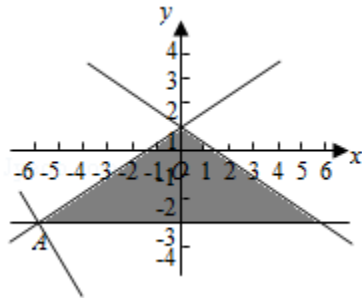
【解答】解: x 、 y 满足约束条件
$$\begin{cases} 2x+3y-3 \leq 0 \\ 2x-3y+3 \geq 0 \\ y+3 \geq 0 \end{cases}$$
 的可行域如图:

$z=2x+y$ 经过可行域的A时, 目标函数取得最小值,

$$\text{由} \begin{cases} y=-3 \\ 2x-3y+3=0 \end{cases} \text{解得} A(-6, -3),$$

则 $z=2x+y$ 的最小值是: - 15.

故选: A.



【点评】本题考查线性规划的简单应用, 考查数形结合以及计算能力.

6. (5分) 安排3名志愿者完成4项工作, 每人至少完成1项, 每项工作由1人完成, 则不同的安排方式共有 ()

A. 12种

B. 18种

C. 24种

D. 36种

【考点】D9: 排列、组合及简单计数问题.

【专题】11: 计算题; 49: 综合法; 50: 排列组合.

【分析】把工作分成3组, 然后安排工作方式即可.

【解答】解: 4项工作分成3组, 可得: $C_4^2=6$,

安排3名志愿者完成4项工作, 每人至少完成1项, 每项工作由1人完成,

可得： $6 \times A_3^3 = 36$ 种.

故选：D.

【点评】 本题考查排列组合的实际应用，注意分组方法以及排列方法的区别，考查计算能力.

7. (5分) 甲、乙、丙、丁四位同学一起去问老师询问成语竞赛的成绩. 老师说：你们四人中有2位优秀，2位良好，我现在给甲看乙、丙的成绩，给乙看丙的成绩，给丁看甲的成绩. 看后甲对大家说：我还是不知道我的成绩. 根据以上信息，则 ()
- A. 乙可以知道四人的成绩 B. 丁可以知道四人的成绩
C. 乙、丁可以知道对方的成绩 D. 乙、丁可以知道自己的成绩

【考点】 F4：进行简单的合情推理.

【专题】 2A：探究型；35：转化思想；48：分析法；5M：推理和证明.

【分析】 根据四人所知只有自己看到，老师所说及最后甲说话，继而可以推出正确答案

【解答】 解：四人所知只有自己看到，老师所说及最后甲说话，

甲不知自己的成绩

→乙丙必有一优一良，（若为两优，甲会知道自己的成绩；若是两良，甲也会知道自己的成绩）

→乙看到了丙的成绩，知自己的成绩

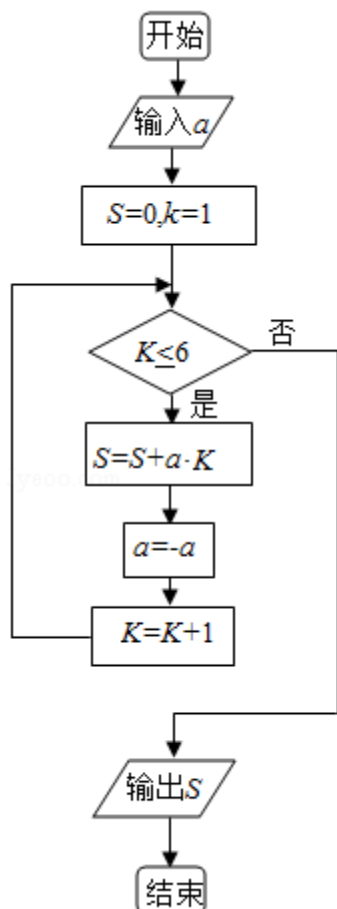
→丁看到甲、丁也为一优一良，丁知自己的成绩，

给甲看乙丙成绩，甲不知道自己的成绩，说明乙丙一优一良，假定乙丙都是优，则甲是良，假定乙丙都是良，则甲是优，那么甲就知道自己的成绩了. 给乙看丙成绩，乙没有说不知道自己的成绩，假定丙是优，则乙是良，乙就知道自己成绩. 给丁看甲成绩，因为甲不知道自己成绩，乙丙是一优一良，则甲丁也是一优一良，丁看到甲成绩，假定甲是优，则丁是良，丁肯定知道自己的成绩了

故选：D.

【点评】 本题考查了合情推理的问题，关键掌握四人所知只有自己看到，老师所说及最后甲说话，属于中档题.

8. (5分) 执行如图的程序框图，如果输入的 $a = -1$ ，则输出的 $S =$ ()



A. 2

B. 3

C. 4

D. 5

【考点】 EF: 程序框图.

【专题】 11: 计算题; 27: 图表型; 4B: 试验法; 5K: 算法和程序框图.

【分析】 执行程序框图，依次写出每次循环得到的 S ， K 值，当 $K=7$ 时，程序终止即可得到结论.

【解答】 解：执行程序框图，有 $S=0$ ， $K=1$ ， $a=-1$ ，代入循环，

第一次满足循环， $S=-1$ ， $a=1$ ， $K=2$;

满足条件，第二次满足循环， $S=1$ ， $a=-1$ ， $K=3$;

满足条件，第三次满足循环， $S=-2$ ， $a=1$ ， $K=4$;

满足条件，第四次满足循环， $S=2$ ， $a=-1$ ， $K=5$ ；

满足条件，第五次满足循环， $S=-3$ ， $a=1$ ， $K=6$ ；

满足条件，第六次满足循环， $S=3$ ， $a=-1$ ， $K=7$ ；

$K \leq 6$ 不成立，退出循环输出 S 的值为3.

故选：B.

【点评】 本题主要考查了程序框图和算法，属于基本知识的考查，比较基础.

9. (5分) 若双曲线 $C: \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ ($a > 0$, $b > 0$) 的一条渐近线被圆 $(x-2)^2 + y^2 = 4$ 所截得的弦长为2, 则 C 的离心率为 ()

A. 2

B. $\sqrt{3}$

C. $\sqrt{2}$

D. $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

【考点】 KC: 双曲线的性质; KJ: 圆与圆锥曲线的综合.

【专题】 11: 计算题; 35: 转化思想; 49: 综合法; 5D: 圆锥曲线的定义、性质与方程.

【分析】 通过圆的圆心与双曲线的渐近线的距离, 列出关系式, 然后求解双曲线的离心率即可.

【解答】 解: 双曲线 $C: \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ ($a > 0$, $b > 0$) 的一条渐近线不妨为: $bx+ay=0$,

圆 $(x-2)^2 + y^2 = 4$ 的圆心 $(2, 0)$, 半径为: 2,

双曲线 $C: \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ ($a > 0$, $b > 0$) 的一条渐近线被圆 $(x-2)^2 + y^2 = 4$ 所截得的

的弦长为2,

可得圆心到直线的距离为: $\sqrt{2^2 - 1^2} = \sqrt{3} = \frac{|2b|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$,

解得: $\frac{4c^2 - 4a^2}{c^2} = 3$, 可得 $e^2 = 4$, 即 $e = 2$.

故选: A.

【点评】 本题考查双曲线的简单性质的应用，圆的方程的应用，考查计算能力

10. (5分) 已知直三棱柱 $ABC - A_1B_1C_1$ 中， $\angle ABC=120^\circ$ ， $AB=2$ ， $BC=CC_1=1$ ，则异面直线 AB_1 与 BC_1 所成角的余弦值为 ()

- A. $\frac{\sqrt{3}}{2}$ B. $\frac{\sqrt{15}}{5}$ C. $\frac{\sqrt{10}}{5}$ D. $\frac{\sqrt{3}}{3}$

【考点】 LM: 异面直线及其所成的角.

【专题】 31: 数形结合; 40: 定义法; 5G: 空间角.

【分析】 【解法一】 设M、N、P分别为AB， BB_1 和 B_1C_1 的中点，得出 AB_1 、 BC_1 夹角为MN和NP夹角或其补角；根据中位线定理，结合余弦定理求出AC、MQ，MP和 $\angle MNP$ 的余弦值即可.

【解法二】 通过补形的办法，把原来的直三棱柱变成直四棱柱，解法更简洁.

【解答】 解：【解法一】 如图所示，设M、N、P分别为AB， BB_1 和 B_1C_1 的中点，则 AB_1 、 BC_1 夹角为MN和NP夹角或其补角

(因异面直线所成角为 $(0, \frac{\pi}{2}]$)，

$$\text{可知 } MN = \frac{1}{2}AB_1 = \frac{\sqrt{5}}{2},$$

$$NP = \frac{1}{2}BC_1 = \frac{\sqrt{2}}{2};$$

作BC中点Q，则 $\triangle PQM$ 为直角三角形；

$$\therefore PQ=1, MQ = \frac{1}{2}AC,$$

$\triangle ABC$ 中，由余弦定理得

$$AC^2 = AB^2 + BC^2 - 2AB \cdot BC \cdot \cos \angle ABC$$

$$= 4 + 1 - 2 \times 2 \times 1 \times \left(-\frac{1}{2}\right)$$

$$= 7,$$

$$\therefore AC = \sqrt{7},$$

$$\therefore MQ = \frac{\sqrt{7}}{2};$$

$$\text{在 } \triangle MQP \text{ 中, } MP = \sqrt{MQ^2 + PQ^2} = \frac{\sqrt{11}}{2};$$

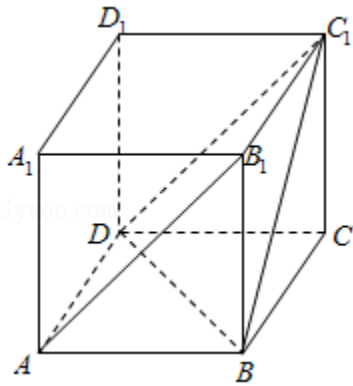
在 $\triangle PMN$ 中，由余弦定理得

$$\cos\angle MNP = \frac{MN^2 + NP^2 - PM^2}{2 \cdot MN \cdot NP} = \frac{\left(\frac{\sqrt{5}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 - \left(\frac{\sqrt{11}}{2}\right)^2}{2 \times \frac{\sqrt{5}}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2}} = -\frac{\sqrt{10}}{5};$$

又异面直线所成角的范围是 $(0, \frac{\pi}{2}]$,

$\therefore AB_1$ 与 BC_1 所成角的余弦值为 $\frac{\sqrt{10}}{5}$.

【解法二】如图所示，



补成四棱柱 $ABCD - A_1B_1C_1D_1$ ，求 $\angle BC_1D$ 即可；

$$BC_1 = \sqrt{2}, \quad BD = \sqrt{2^2 + 1^2 - 2 \times 2 \times 1 \times \cos 60^\circ} = \sqrt{3},$$

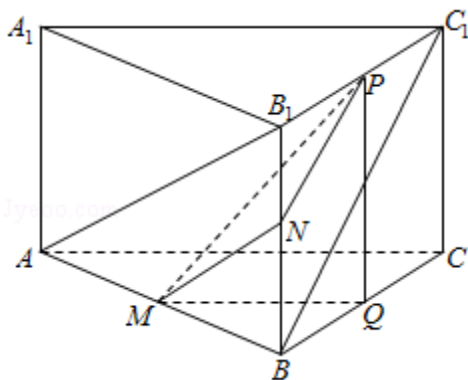
$$C_1D = \sqrt{5},$$

$$\therefore BC_1^2 + BD^2 = C_1D^2,$$

$$\therefore \angle DBC_1 = 90^\circ,$$

$$\therefore \cos\angle BC_1D = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{10}}{5}.$$

故选：C.



【点评】本题考查了空间中的两条异面直线所成角的计算问题，也考查了空间

中的平行关系应用问题，是中档题.

11. (5分) 若 $x = -2$ 是函数 $f(x) = (x^2 + ax - 1)e^{x-1}$ 的极值点, 则 $f(x)$ 的极小值为 ()
- A. -1 B. $-2e^{-3}$ C. $5e^{-3}$ D. 1

【考点】6D: 利用导数研究函数的极值.

【专题】11: 计算题; 35: 转化思想; 49: 综合法; 53: 导数的综合应用.

【分析】 求出函数的导数, 利用极值点, 求出 a , 然后判断函数的单调性, 求解函数的极小值即可.

【解答】 解: 函数 $f(x) = (x^2 + ax - 1)e^{x-1}$,

可得 $f'(x) = (2x+a)e^{x-1} + (x^2 + ax - 1)e^{x-1}$,

$x = -2$ 是函数 $f(x) = (x^2 + ax - 1)e^{x-1}$ 的极值点,

可得: $f'(-2) = (-4+a)e^{-3} + (4-2a-1)e^{-3} = 0$, 即 $-4+a+(3-2a)=0$.

解得 $a = -1$.

可得 $f'(x) = (2x-1)e^{x-1} + (x^2 - x - 1)e^{x-1}$,

$= (x^2 + x - 2)e^{x-1}$, 函数的极值点为: $x = -2, x = 1$,

当 $x < -2$ 或 $x > 1$ 时, $f'(x) > 0$ 函数是增函数, $x \in (-2, 1)$ 时, 函数是减函数,

$x = 1$ 时, 函数取得极小值: $f(1) = (1^2 - 1 - 1)e^{1-1} = -1$.

故选: A.

【点评】 本题考查函数的导数的应用, 函数的单调性以及函数的极值的求法, 考查计算能力.

12. (5分) 已知 $\triangle ABC$ 是边长为2的等边三角形, P 为平面 ABC 内一点, 则 $\overrightarrow{PA} \cdot (\overrightarrow{PB} + \overrightarrow{PC})$ 的最小值是 ()
- A. -2 B. $-\frac{3}{2}$ C. $-\frac{4}{3}$ D. -1

【考点】90：平面向量数量积的性质及其运算.

【专题】31：数形结合；4R：转化法；5A：平面向量及应用.

【分析】根据条件建立坐标系，求出点的坐标，利用坐标法结合向量数量积的公式进行计算即可.

【解答】解：建立如图所示的坐标系，以BC中点为坐标原点，

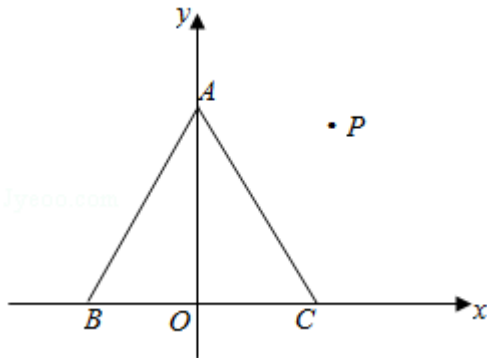
则A $(0, \sqrt{3})$ ，B $(-1, 0)$ ，C $(1, 0)$ ，

设P (x, y) ，则 $\overrightarrow{PA} = (-x, \sqrt{3} - y)$ ， $\overrightarrow{PB} = (-1 - x, -y)$ ， $\overrightarrow{PC} = (1 - x, -y)$ ，

则 $\overrightarrow{PA} \cdot (\overrightarrow{PB} + \overrightarrow{PC}) = 2x^2 - 2\sqrt{3}y + 2y^2 = 2[x^2 + (y - \frac{\sqrt{3}}{2})^2 - \frac{3}{4}]$

\therefore 当 $x=0$ ， $y=\frac{\sqrt{3}}{2}$ 时，取得最小值 $2 \times (-\frac{3}{4}) = -\frac{3}{2}$ ，

故选：B.



【点评】本题主要考查平面向量数量积的应用，根据条件建立坐标系，利用坐标法是解决本题的关键.

二、填空题：本题共4小题，每小题5分，共20分。

13. （5分）一批产品的二等品率为0.02，从这批产品中每次随机取一件，有放回地抽取100次. X表示抽到的二等品件数，则DX= 1.96 .

【考点】CH：离散型随机变量的期望与方差.

【专题】11：计算题；35：转化思想；5I：概率与统计.

【分析】判断概率满足的类型，然后求解方差即可.

【解答】解：由题意可知，该事件满足独立重复试验，是一个二项分布模型，

其中, $p=0.02$, $n=100$,

则 $DX=npq=np(1-p)=100 \times 0.02 \times 0.98=1.96$.

故答案为: 1.96.

【点评】 本题考查离散性随机变量的期望与方差的求法, 判断概率类型满足二项分布是解题的关键.

14. (5分) 函数 $f(x) = \sin^2 x + \sqrt{3} \cos x - \frac{3}{4}$ ($x \in [0, \frac{\pi}{2}]$) 的最大值是 1.

【考点】 HW: 三角函数的最值.

【专题】 11: 计算题; 33: 函数思想; 4J: 换元法; 51: 函数的性质及应用; 57: 三角函数的图像与性质.

【分析】 同角的三角函数的关系以及二次函数的性质即可求出.

【解答】 解: $f(x) = \sin^2 x + \sqrt{3} \cos x - \frac{3}{4} = 1 - \cos^2 x + \sqrt{3} \cos x - \frac{3}{4}$,

令 $\cos x = t$ 且 $t \in [0, 1]$,

则 $y = -t^2 + \sqrt{3}t + \frac{1}{4} = -(t - \frac{\sqrt{3}}{2})^2 + 1$,

当 $t = \frac{\sqrt{3}}{2}$ 时, $f(t)_{\max} = 1$,

即 $f(x)$ 的最大值为 1,

故答案为: 1

【点评】 本题考查了同角的三角函数的关系以及二次函数的性质, 属于基础题

15. (5分) 等差数列 $\{a_n\}$ 的前 n 项和为 S_n , $a_3=3$, $S_4=10$, 则 $\sum_{k=1}^n \frac{1}{S_k} = \frac{2n}{n+1}$.

【考点】 85: 等差数列的前 n 项和; 8E: 数列的求和.

【专题】 11: 计算题; 35: 转化思想; 49: 综合法; 54: 等差数列与等比数列

【分析】 利用已知条件求出等差数列的前 n 项和, 然后化简所求的表达式, 求解即可.

【解答】解：等差数列 $\{a_n\}$ 的前 n 项和为 S_n ， $a_3=3$ ， $S_4=10$ ， $S_4=2(a_2+a_3)=10$ ，
可得 $a_2=2$ ，数列的首项为1，公差为1，

$$S_n = \frac{n(n+1)}{2}, \quad \frac{1}{S_n} = \frac{2}{n(n+1)} = 2\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1}\right),$$

$$\text{则 } \sum_{k=1}^n \frac{1}{S_k} = 2\left[1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{3} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n} - \frac{1}{n+1}\right] = 2\left(1 - \frac{1}{n+1}\right) = \frac{2n}{n+1}.$$

故答案为： $\frac{2n}{n+1}$.

【点评】本题考查等差数列的求和，裂项消项法求和的应用，考查计算能力.

16. (5分) 已知 F 是抛物线 $C: y^2=8x$ 的焦点， M 是 C 上一点， FM 的延长线交 y 轴于点 N . 若 M 为 FN 的中点，则 $|FN| = \underline{6}$.

【考点】K8: 抛物线的性质.

【专题】11: 计算题; 35: 转化思想; 5D: 圆锥曲线的定义、性质与方程.

【分析】求出抛物线的焦点坐标，推出 M 坐标，然后求解即可.

【解答】解：抛物线 $C: y^2=8x$ 的焦点 $F(2, 0)$ ， M 是 C 上一点， FM 的延长线交 y 轴于点 N . 若 M 为 FN 的中点，

可知 M 的横坐标为：1，则 M 的纵坐标为： $\pm 2\sqrt{2}$ ，

$$|FN| = 2|FM| = 2\sqrt{(1-2)^2 + (\pm 2\sqrt{2}-0)^2} = 6.$$

故答案为：6.

【点评】本题考查抛物线的简单性质的应用，考查计算能力.

三、解答题：共70分。解答应写出文字说明、证明过程或演算步骤。第17~21题为必考题，每个试题考生都必须作答。第22、23题为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题：共60分。

17. (12分) $\triangle ABC$ 的内角 A, B, C 的对边分别为 a, b, c ，已知 $\sin(A+C) = 8\sin \frac{B}{2}$.

(1) 求 $\cos B$;

(2) 若 $a+c=6$ ， $\triangle ABC$ 的面积为2，求 b .

【考点】GS：二倍角的三角函数；HP：正弦定理.

【专题】11：计算题；35：转化思想；4R：转化法；58：解三角形.

【分析】（1）利用三角形的内角和定理可知 $A+C=\pi-B$ ，再利用诱导公式化简 $\sin(A+C)$ ，利用降幂公式化简 $8\sin^2\frac{B}{2}$ ，结合 $\sin^2B+\cos^2B=1$ ，求出 $\cos B$ ，

（2）由（1）可知 $\sin B=\frac{8}{17}$ ，利用勾面积公式求出 ac ，再利用余弦定理即可求出 b .

【解答】解：（1） $\sin(A+C)=8\sin^2\frac{B}{2}$ ，

$$\therefore \sin B=4(1-\cos B),$$

$$\therefore \sin^2 B+\cos^2 B=1,$$

$$\therefore 16(1-\cos B)^2+\cos^2 B=1,$$

$$\therefore 16(1-\cos B)^2+\cos^2 B-1=0,$$

$$\therefore 16(\cos B-1)^2+(\cos B-1)(\cos B+1)=0,$$

$$\therefore (17\cos B-15)(\cos B-1)=0,$$

$$\therefore \cos B=\frac{15}{17};$$

（2）由（1）可知 $\sin B=\frac{8}{17}$ ，

$$\therefore S_{\triangle ABC}=\frac{1}{2}ac\sin B=2,$$

$$\therefore ac=\frac{17}{2},$$

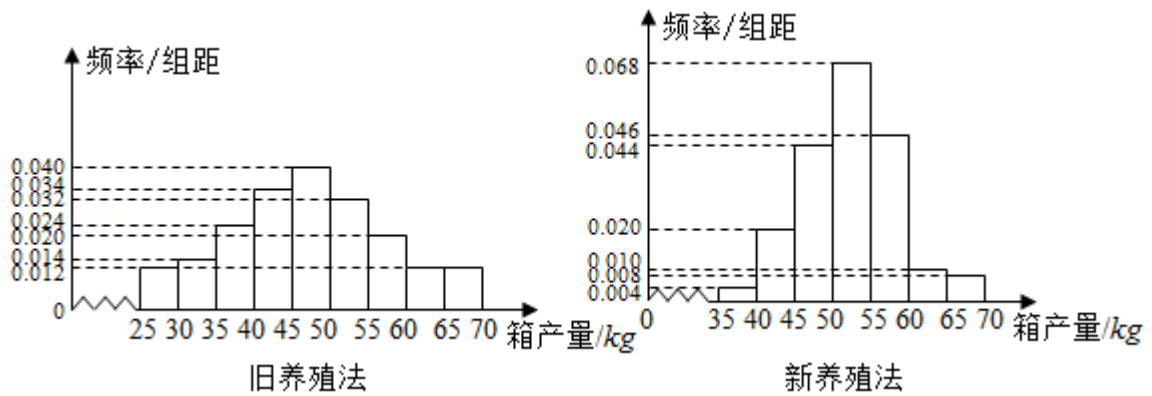
$$\therefore b^2=a^2+c^2-2ac\cos B=a^2+c^2-2\times\frac{17}{2}\times\frac{15}{17}$$

$$=a^2+c^2-15=(a+c)^2-2ac-15=36-17-15=4,$$

$$\therefore b=2.$$

【点评】本题考查了三角形的内角和定理，三角形的面积公式，二倍角公式和同角的三角函数的关系，属于中档题

18. （12分）海水养殖场进行某水产品的新、旧网箱养殖方法的产量对比，收获时各随机抽取了100个网箱，测量各箱水产品的产量（单位：kg），其频率分布直方图如图：



- (1) 设两种养殖方法的箱产量相互独立，记A表示事件“旧养殖法的箱产量低于50kg，新养殖法的箱产量不低于50kg”，估计A的概率；
- (2) 填写下面列联表，并根据列联表判断是否有99%的把握认为箱产量与养殖方法有关：

	箱产量 < 50kg	箱产量 ≥ 50kg
旧养殖法		
新养殖法		

- (3) 根据箱产量的频率分布直方图，求新养殖法箱产量的中位数的估计值（精确到0.01）。

附：

$P(K^2 \geq k)$	0.050	0.010	0.001
k	3.841	6.635	10.828

$$K^2 = \frac{n(ad-bc)^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$$

【考点】 B8：频率分布直方图； BE：用样本的数字特征估计总体的数字特征； BL：独立性检验。

【专题】 31：数形结合； 44：数形结合法； 51：概率与统计。

【分析】 (1) 由题意可知： $P(A) = P(BC) = P(B)P(C)$ ，分布求得发生的频率，即可求得其概率；

(2) 完成 2×2 列联表：求得观测值，与参考值比较，即可求得有99%的把握认为箱产量与养殖方法有关；

(3) 根据频率分布直方图即可求得其中位数。

【解答】解：（1）记B表示事件“旧养殖法的箱产量低于50kg”，C表示事件“新养殖法的箱产量不低于50kg”，

由 $P(A) = P(BC) = P(B)P(C)$ ，

则旧养殖法的箱产量低于50kg： $(0.012+0.014+0.024+0.034+0.040) \times 5 = 0.62$ ，

故P(B)的估计值0.62，

新养殖法的箱产量不低于50kg： $(0.068+0.046+0.010+0.008) \times 5 = 0.66$ ，

故P(C)的估计值为，

则事件A的概率估计值为 $P(A) = P(B)P(C) = 0.62 \times 0.66 = 0.4092$ ；

\therefore A发生的概率为0.4092；

（2） 2×2 列联表：

	箱产量 <50 kg	箱产量 ≥ 50 kg	总计
旧养殖法	62	38	100
新养殖法	34	66	100
总计	96	104	200

$$\text{则 } K^2 = \frac{200(62 \times 66 - 38 \times 34)^2}{100 \times 100 \times 96 \times 104} \approx 15.705,$$

由 $15.705 > 6.635$ ，

\therefore 有99%的把握认为箱产量与养殖方法有关；

（3）由新养殖法的箱产量频率分布直方图中，箱产量低于50kg的直方图的面积：

$$(0.004+0.020+0.044) \times 5 = 0.34,$$

箱产量低于55kg的直方图面积为：

$$(0.004+0.020+0.044+0.068) \times 5 = 0.68 > 0.5,$$

故新养殖法产量的中位数的估计值为： $50 + \frac{0.5-0.34}{0.068} \approx 52.35$ （kg），

新养殖法箱产量的中位数的估计值52.35（kg）。

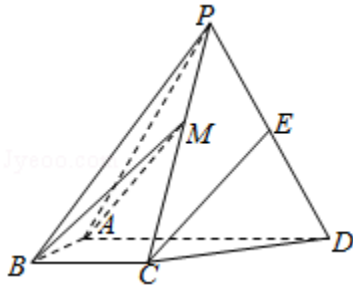
【点评】 本题考查频率分布直方图的应用，考查独立性检验，考查计算能力，属于中档题。

19. （12分）如图，四棱锥P - ABCD中，侧面PAD为等边三角形且垂直于底面A

BCD, $AB=BC=\frac{1}{2}AD$, $\angle BAD=\angle ABC=90^\circ$, E是PD的中点.

(1) 证明: 直线CE∥平面PAB;

(2) 点M在棱PC上, 且直线BM与底面ABCD所成角为 45° , 求二面角M - AB - D的余弦值.



【考点】 LS: 直线与平面平行; MJ: 二面角的平面角及求法.

【专题】 31: 数形结合; 35: 转化思想; 49: 综合法; 5F: 空间位置关系与距离; 5G: 空间角.

【分析】 (1) 取PA的中点F, 连接EF, BF, 通过证明CE∥BF, 利用直线与平面平行的判定定理证明即可.

(2) 利用已知条件转化求解M到底面的距离, 作出二面角的平面角, 然后求解二面角M - AB - D的余弦值即可.

【解答】 (1) 证明: 取PA的中点F, 连接EF, BF, 因为E是PD的中点,

所以 $EF \parallel \frac{1}{2}AD$, $AB=BC=\frac{1}{2}AD$, $\angle BAD=\angle ABC=90^\circ$, $\therefore BC \parallel \frac{1}{2}AD$,

$\therefore BCEF$ 是平行四边形, 可得CE∥BF, $BF \subset$ 平面PAB, $CE \not\subset$ 平面PAB,

\therefore 直线CE∥平面PAB;

(2) 解: 四棱锥P - ABCD中,

侧面PAD为等边三角形且垂直于底面ABCD, $AB=BC=\frac{1}{2}AD$,

$\angle BAD=\angle ABC=90^\circ$, E是PD的中点.

取AD的中点O, M在底面ABCD上的射影N在OC上, 设AD=2, 则AB=BC=1, $OP=\sqrt{3}$,

$\therefore \angle PCO=60^\circ$, 直线BM与底面ABCD所成角为 45° ,

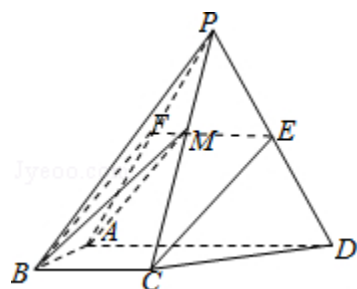
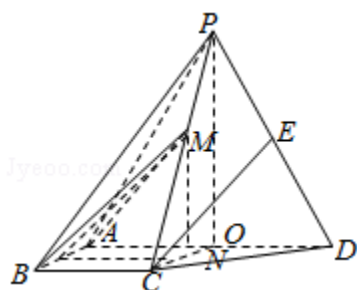
可得: $BN=MN$, $CN=\frac{\sqrt{3}}{3}MN$, $BC=1$,

可得： $1 + \frac{1}{3}BN^2 = BN^2$, $BN = \frac{\sqrt{6}}{2}$, $MN = \frac{\sqrt{6}}{2}$,

作 $NQ \perp AB$ 于 Q , 连接 MQ , $AB \perp MN$,

所以 $\angle MQN$ 就是二面角 $M - AB - D$ 的平面角, $MQ = \sqrt{1^2 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{10}}{2}$,

二面角 $M - AB - D$ 的余弦值为: $\frac{1}{\frac{\sqrt{10}}{2}} = \frac{\sqrt{10}}{5}$.



【点评】 本题考查直线与平面平行的判定定理的应用，二面角的平面角的求法，考查空间想象能力以及计算能力。

20. (12分) 设 O 为坐标原点，动点 M 在椭圆 $C: \frac{x^2}{2} + y^2 = 1$ 上，过 M 作 x 轴的垂线，垂足为 N ，点 P 满足 $\overrightarrow{NP} = \sqrt{2}\overrightarrow{NM}$.

(1) 求点 P 的轨迹方程；

(2) 设点 Q 在直线 $x = -3$ 上，且 $\overrightarrow{OP} \cdot \overrightarrow{PQ} = 1$. 证明：过点 P 且垂直于 OQ 的直线 l 过 C 的左焦点 F .

【考点】 J3: 轨迹方程；KL: 直线与椭圆的综合.

【专题】 34: 方程思想；48: 分析法；5A: 平面向量及应用；5B: 直线与圆.

【分析】 (1) 设M (x_0, y_0)，由题意可得N ($x_0, 0$)，设P (x, y)，运用向量的坐标运算，结合M满足椭圆方程，化简整理可得P的轨迹方程；

(2) 设Q ($-3, m$)，P ($\sqrt{2}\cos\alpha, \sqrt{2}\sin\alpha$)，($0\leq\alpha<2\pi$)，运用向量的数量积的坐标表示，可得m，即有Q的坐标，求得椭圆的左焦点坐标，求得OQ，PF的斜率，由两直线垂直的条件：向量数量积为0，即可得证。

【解答】 解：(1) 设M (x_0, y_0)，由题意可得N ($x_0, 0$)，

设P (x, y)，由点P满足 $\overrightarrow{NP}=\sqrt{2}\overrightarrow{NM}$ 。

可得 $(x-x_0, y)=\sqrt{2}(0, y_0)$ ，

可得 $x-x_0=0, y=\sqrt{2}y_0$ ，

即有 $x_0=x, y_0=\frac{y}{\sqrt{2}}$ ，

代入椭圆方程 $\frac{x^2}{2}+y^2=1$ ，可得 $\frac{x^2}{2}+\frac{y^2}{2}=1$ ，

即有点P的轨迹方程为圆 $x^2+y^2=2$ ；

(2) 证明：设Q ($-3, m$)，P ($\sqrt{2}\cos\alpha, \sqrt{2}\sin\alpha$)，($0\leq\alpha<2\pi$)，

$\overrightarrow{OP}\cdot\overrightarrow{PQ}=1$ ，可得 $(\sqrt{2}\cos\alpha, \sqrt{2}\sin\alpha)\cdot(-3-\sqrt{2}\cos\alpha, m-\sqrt{2}\sin\alpha)=1$ ，

即为 $-3\sqrt{2}\cos\alpha-2\cos^2\alpha+\sqrt{2}m\sin\alpha-2\sin^2\alpha=1$ ，

当 $\alpha=0$ 时，上式不成立，则 $0<\alpha<2\pi$ ，

解得 $m=\frac{3(1+\sqrt{2}\cos\alpha)}{\sqrt{2}\sin\alpha}$ ，

即有Q ($-3, \frac{3(1+\sqrt{2}\cos\alpha)}{\sqrt{2}\sin\alpha}$)，

椭圆 $\frac{x^2}{2}+y^2=1$ 的左焦点F ($-1, 0$)，

由 $\overrightarrow{PF}\cdot\overrightarrow{OQ}=(-1-\sqrt{2}\cos\alpha, -\sqrt{2}\sin\alpha)\cdot(-3, \frac{3(1+\sqrt{2}\cos\alpha)}{\sqrt{2}\sin\alpha})$

$=3+3\sqrt{2}\cos\alpha-3(1+\sqrt{2}\cos\alpha)=0$ 。

可得过点P且垂直于OQ的直线l过C的左焦点F。

另解：设Q ($-3, t$)，P (m, n)，由 $\overrightarrow{OP}\cdot\overrightarrow{PQ}=1$ ，

可得 $(m, n)\cdot(-3-m, t-n)=-3m-m^2+nt-n^2=1$ ，

又P在圆 $x^2+y^2=2$ 上，可得 $m^2+n^2=2$ ，

即有 $nt=3+3m$ ，

又椭圆的左焦点F (-1, 0),

$$\overrightarrow{PF} \cdot \overrightarrow{OQ} = (-1-m, -n) \cdot (-3, t) = 3+3m-nt$$

$$= 3+3m-3-3m=0,$$

则 $\overrightarrow{PF} \perp \overrightarrow{OQ}$,

可得过点P且垂直于OQ的直线l过C的左焦点F.

【点评】 本题考查轨迹方程的求法, 注意运用坐标转移法和向量的加减运算, 考查圆的参数方程的运用和直线的斜率公式, 以及向量的数量积的坐标表示和两直线垂直的条件: 向量数量积为0, 考查化简整理的运算能力, 属于中档题.

21. (12分) 已知函数 $f(x) = ax^2 - ax - x \ln x$, 且 $f(x) \geq 0$.

(1) 求a;

(2) 证明: $f(x)$ 存在唯一的极大值点 x_0 , 且 $e^{-2} < f(x_0) < 2^{-2}$.

【考点】 6D: 利用导数研究函数的极值.

【专题】 11: 计算题; 35: 转化思想; 49: 综合法; 53: 导数的综合应用.

【分析】 (1) 通过分析可知 $f(x) \geq 0$ 等价于 $h(x) = ax - a - \ln x \geq 0$, 进而利用 $h'(x) = a - \frac{1}{x}$ 可得 $h(x)_{\min} = h(\frac{1}{a})$, 从而可得结论;

(2) 通过 (1) 可知 $f(x) = x^2 - x - x \ln x$, 记 $t(x) = f'(x) = 2x - 2 - \ln x$, 解不等式可知 $t(x)_{\min} = t(\frac{1}{2}) = \ln 2 - 1 < 0$, 从而可知 $f'(x) = 0$ 存在两根 x_0, x_2 ,

利用 $f(x)$ 必存在唯一极大值点 x_0 及 $x_0 < \frac{1}{2}$ 可知 $f(x_0) < \frac{1}{4}$, 另一方面可知

$$f(x_0) > f(\frac{1}{e}) = \frac{1}{e^2}.$$

【解答】 (1) 解: 因为 $f(x) = ax^2 - ax - x \ln x = x(ax - a - \ln x)$ ($x > 0$),

则 $f(x) \geq 0$ 等价于 $h(x) = ax - a - \ln x \geq 0$, 求导可知 $h'(x) = a - \frac{1}{x}$.

则当 $a \leq 0$ 时 $h'(x) < 0$, 即 $y = h(x)$ 在 $(0, +\infty)$ 上单调递减,

所以当 $x_0 > 1$ 时, $h(x_0) < h(1) = 0$, 矛盾, 故 $a > 0$.

因为当 $0 < x < \frac{1}{a}$ 时 $h'(x) < 0$, 当 $x > \frac{1}{a}$ 时 $h'(x) > 0$,

所以 $h(x)_{\min} = h\left(\frac{1}{a}\right)$,

又因为 $h(1) = a - a - \ln 1 = 0$,

所以 $\frac{1}{a} = 1$, 解得 $a = 1$;

另解: 因为 $f(1) = 0$, 所以 $f(x) \geq 0$ 等价于 $f(x)$ 在 $x > 0$ 时的最小值为 $f(1)$,
所以等价于 $f(x)$ 在 $x = 1$ 处是极小值,

所以解得 $a = 1$;

(2) 证明: 由 (1) 可知 $f(x) = x^2 - x - x \ln x$, $f'(x) = 2x - 2 - \ln x$,

令 $f'(x) = 0$, 可得 $2x - 2 - \ln x = 0$, 记 $t(x) = 2x - 2 - \ln x$, 则 $t'(x) = 2 - \frac{1}{x}$,

令 $t'(x) = 0$, 解得: $x = \frac{1}{2}$,

所以 $t(x)$ 在区间 $(0, \frac{1}{2})$ 上单调递减, 在 $(\frac{1}{2}, +\infty)$ 上单调递增,

所以 $t(x)_{\min} = t\left(\frac{1}{2}\right) = \ln 2 - 1 < 0$, 从而 $t(x) = 0$ 有解, 即 $f'(x) = 0$ 存在两根 x_0

, x_2 ,

且不妨设 $f'(x)$ 在 $(0, x_0)$ 上为正、在 (x_0, x_2) 上为负、在 $(x_2, +\infty)$ 上为正,

所以 $f(x)$ 必存在唯一极大值点 x_0 , 且 $2x_0 - 2 - \ln x_0 = 0$,

所以 $f(x_0) = x_0^2 - x_0 - x_0 \ln x_0 = x_0^2 - x_0 + 2x_0 - 2x_0^2 = x_0 - x_0^2$,

由 $x_0 < \frac{1}{2}$ 可知 $f(x_0) < (x_0 - x_0^2)_{\max} = -\frac{1}{2^2} + \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$;

由 $f'\left(\frac{1}{e}\right) < 0$ 可知 $x_0 < \frac{1}{e} < \frac{1}{2}$,

所以 $f(x)$ 在 $(0, x_0)$ 上单调递增, 在 $(x_0, \frac{1}{e})$ 上单调递减,

所以 $f(x_0) > f\left(\frac{1}{e}\right) = \frac{1}{e^2}$;

综上所述, $f(x)$ 存在唯一的极大值点 x_0 , 且 $e^{-2} < f(x_0) < 2^{-2}$.

【点评】 本题考查利用导数研究函数的极值, 考查运算求解能力, 考查转化思想, 注意解题方法的积累, 属于难题.

(二) 选考题: 共10分. 请考生在第22、23题中任选一题作答. 如果多做, 则按所做的第一题计分. [选修4-4: 坐标系与参数方程] (10分)

22. (10分) 在直角坐标系 xOy 中, 以坐标原点为极点, x 轴的正半轴为极轴建立极坐标系, 曲线 C_1 的极坐标方程为 $\rho\cos\theta=4$.

(1) M 为曲线 C_1 上的动点, 点 P 在线段 OM 上, 且满足 $|OM|\cdot|OP|=16$, 求点 P 的轨迹 C_2 的直角坐标方程;

(2) 设点 A 的极坐标为 $(2, \frac{\pi}{3})$, 点 B 在曲线 C_2 上, 求 $\triangle OAB$ 面积的最大值.

【考点】 Q4: 简单曲线的极坐标方程.

【专题】 38: 对应思想; 49: 综合法; 55: 坐标系和参数方程.

【分析】 (1) 设 $P(x, y)$, 利用相似得出 M 点坐标, 根据 $|OM|\cdot|OP|=16$ 列方程化简即可;

(2) 求出曲线 C_2 的圆心和半径, 得出 B 到 OA 的最大距离, 即可得出最大面积.

【解答】 解: (1) 曲线 C_1 的直角坐标方程为: $x=4$,

设 $P(x, y)$, $M(4, y_0)$, 则 $\frac{x}{4}=\frac{y}{y_0}$, $\therefore y_0=\frac{4y}{x}$,

$\therefore |OM|\cdot|OP|=16$,

$\therefore \sqrt{x^2+y^2}\sqrt{16+y_0^2}=16$,

即 $(x^2+y^2)(1+\frac{y^2}{x^2})=16$,

$\therefore x^4+2x^2y^2+y^4=16x^2$, 即 $(x^2+y^2)^2=16x^2$,

两边开方得: $x^2+y^2=4x$,

整理得: $(x-2)^2+y^2=4(x\neq 0)$,

\therefore 点 P 的轨迹 C_2 的直角坐标方程: $(x-2)^2+y^2=4(x\neq 0)$.

(2) 点 A 的直角坐标为 $A(1, \sqrt{3})$, 显然点 A 在曲线 C_2 上, $|OA|=2$,

\therefore 曲线 C_2 的圆心 $(2, 0)$ 到弦 OA 的距离 $d=\sqrt{4-1}=\sqrt{3}$,

$\therefore \triangle AOB$ 的最大面积 $S=\frac{1}{2}|OA|\cdot(2+\sqrt{3})=2+\sqrt{3}$.

【点评】 本题考查了极坐标方程与直角坐标方程的转化, 轨迹方程的求解, 直线与圆的位置关系, 属于中档题.

[选修4-5: 不等式选讲] (10分)

23. 已知 $a > 0$, $b > 0$, $a^3 + b^3 = 2$. 证明:

(1) $(a+b)(a^5 + b^5) \geq 4$;

(2) $a+b \leq 2$.

【考点】R6: 不等式的证明.

【专题】14: 证明题; 35: 转化思想; 49: 综合法; 5T: 不等式.

【分析】(1) 由柯西不等式即可证明,

(2) 由 $a^3 + b^3 = 2$ 转化为 $\frac{(a+b)^3 - 2}{3(a+b)} = ab$, 再由均值不等式可得: $\frac{(a+b)^3 - 2}{3(a+b)} = ab \leq \left(\frac{a+b}{2}\right)^2$, 即可得到 $\frac{1}{4}(a+b)^3 \leq 2$, 问题得以证明.

【解答】证明: (1) 由柯西不等式得: $(a+b)(a^5 + b^5) \geq (\sqrt{a \cdot a^5} + \sqrt{b \cdot b^5})^2 = (a^3 + b^3)^2 \geq 4$,

当且仅当 $\sqrt{ab^5} = \sqrt{ba^5}$, 即 $a=b=1$ 时取等号,

(2) $\because a^3 + b^3 = 2$,

$\therefore (a+b)(a^2 - ab + b^2) = 2$,

$\therefore (a+b)[(a+b)^2 - 3ab] = 2$,

$\therefore (a+b)^3 - 3ab(a+b) = 2$,

$\therefore \frac{(a+b)^3 - 2}{3(a+b)} = ab$,

由均值不等式可得: $\frac{(a+b)^3 - 2}{3(a+b)} = ab \leq \left(\frac{a+b}{2}\right)^2$,

$\therefore (a+b)^3 - 2 \leq \frac{3(a+b)^3}{4}$,

$\therefore \frac{1}{4}(a+b)^3 \leq 2$,

$\therefore a+b \leq 2$, 当且仅当 $a=b=1$ 时等号成立.

【点评】本题考查了不等式的证明, 掌握柯西不等式和均值不等式是关键, 属于中档题